

Ing. Bilgeri, Gordon

Industriedesign und Ergonomie im Bereich des Lüftungs- und Heizungsbaus

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen

Mittweida, 2016

Erstprüfer: Prof. Dr. Dr. h. c. Hartmut Lindner

Zweitprüfer: Ing. Mag. Bernhard Rauter

vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung:

Bilgeri, Gordon:

Industriedesign und Ergonomie im Bereich des Lüftungs- und Heizungsbaus – 2016. – 66 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2016

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es, ein Fassadenelement zur Luftansaugung und – ausblasung für eine Luft-Wärmepumpe mit den Werkzeugen des Industriedesigns zu konzipieren. Das Fassadenelement stellt für ein Kompaktgerät, welches im Gegensatz zu einem Splitgerät über keinen Kompressor im Außenbereich verfügt, der einzige Teil dar, welcher sich außerhalb der Gebäudehülle befindet. Dieser Teil hat einen technischen Nutzen und durch seine Befestigung an der Außenfassade eine Berechtigung zu einer Betrachtung durch einen Industriedesigner. Anschließend an die Konzeption wird das Fassadenelement einer ergonomischen Prüfung für technische Komponenten unterzogen. Abschließend erfolgt eine Schlussbetrachtung mit Ergebnis, Maßnahmen und Konsequenzen.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IIV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS (FORTSETZUNG).....	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
1 EINLEITUNG	- 1 -
1.1 PROBLEMSTELLUNG	- 1 -
1.2 ZIELSETZUNG	- 2 -
1.3 METHODISCHES VORGEHEN	- 2 -
2 GRUNDLAGEN.....	- 4 -
2.1 RISIKOMANAGEMENT / SWOT / NUTZWERTANALYSE	- 5 -
2.2 WAS IST DESIGN / INDUSTRIEDESIGN?.....	- 12 -
2.2.1 Ziele und Funktionen des Designs / Industriedesigns.....	- 13 -
2.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung von Design / Industriedesign	- 17 -
2.2.3 Teilgebiete oder Disziplinen des Designs.....	- 19 -
2.2.4 Der Goldene Schnitt	- 25 -
2.3 WAS IST ERGONOMIE?	- 33 -
2.3.1 Ziele der Ergonomie	- 33 -
2.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung der Ergonomie von Produkten.....	- 34 -
2.3.3 Teilgebiete der Ergonomie	- 34 -
2.3.4 Begriff der Anthropometrie.....	- 35 -
2.3.5 Quantil und Perzentil.....	- 38 -
2.3.6 Ergonomische Prüfverfahren.....	- 41 -
3 FASSADENELEMENT „SMARTER A9“ - PRAKTISCHE ANWENDUNG	- 45 -
3.1 AUFGABENSTELLUNG	- 45 -
3.2 BEWERTUNG VON CHANCEN UND RISIKEN.....	- 50 -
3.3 DIE ARBEIT DES INDUSTRIEDESIGNERS	- 52 -
3.4 ERGONOMISCHE PRÜFUNG	- 60 -
3.5 WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG	- 63 -
4 SCHLUSSBETRACHTUNG.....	- 65 -
4.1 ERGEBNIS	- 65 -
4.2 MAßNAHMEN.....	- 65 -
4.3 KONSEQUENZEN.....	- 66 -
ANLAGEN.....	VII
LITERATURVERZEICHNIS.....	VIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technisches Design als Teilgebiet der Designdisziplinen	- 7 -
Abbildung 2: Risikoidentifikation.....	- 10 -
Abbildung 3: Risikomasse	- 11 -
Abbildung 4: Risiko-Matrix	- 11 -
Abbildung 5: Farb-Assoziationen	- 15 -
Abbildung 6: Lebenszyklus-Analyse.....	- 53 -
Abbildung 7: Goldener Schnitt.....	- 51 -
Abbildung 8: Goldenes Rechteck	26 -
Abbildung 9: Goldener Winkel.....	- 27 -
Abbildung 10: Vorkommen des Goldenen Schnitts in der Natur	- 27 -
Abbildung 11: Abweichung Fibonacci/Pingala zum Goldenen Schnitt	- 29 -
Abbildung 12: Konstruktion einer Fibonacci-Spirale.....	- 29 -
Abbildung 13: Goldener Schnitt in einer Muschel.....	- 19 -
Abbildung 14: Goldener Schnitt in einem Hurricane.....	- 30 -
Abbildung 15: Goldener Schnitt in einer Statue des Doryphoros	- 30 -
Abbildung 16: Goldener Schnitt in einer Statue des Doryphoros	- 30 -
Abbildung 17: Goldener Schnitt im Parthenon Tempel zu Athen	- 31 -
Abbildung 18: Goldener Schnitt im Parthenon Tempel zu Athen	- 31 -
Abbildung 19: Anordnung der Pyramiden von Gizeh	- 31 -
Abbildung 20: Goldener Schnitt in der Cheops-Pyramide	- 31 -
Abbildung 21: Vitruvianischer Mensch von Leonardo Da Vinci	- 32 -
Abbildung 22: Optimierung eines Bus-Kartenautomaten	- 35 -
Abbildung 23: Anthropometrische Darstellung aus Ägypten	- 36 -
Abbildung 24: Anthropometrische Darstellung aus China	- 36 -
Abbildung 25: Handhaltung und Ergonomie.....	- 37 -
Abbildung 26: Quartil-Verteilung	- 38 -
Abbildung 27: Körpergrößenverteilung Mann - Frau	- 40 -
Abbildung 28: Anwendung Perzentile	- 40 -
Abbildung 29: ergonomische Einteilung stehender Arbeit.....	- 41 -
Abbildung 30: Ablaufschema für ergonomische Prüfung	- 44 -
Abbildung 31: Schematischer Wärmepumpenprozess.....	- 45 -

Abbildungsverzeichnis (Fortsetzung)

Abbildung 32: Funktionsweise Wärmepumpe	- 46 -
Abbildung 33: Außengerät eines Mitbewerbers.....	- 47 -
Abbildung 34: Außengerät eines weiteren Mitbewerbers	- 47 -
Abbildung 35: Abstand zu betroffenen Nachbarn - gesetzliche Vorgabe	- 48 -
Abbildung 36: Einbaubeispiel Wärmepumpe mit Fassadenelement	- 49 -
Abbildung 37: SWOT-Analyse.....	- 51 -
Abbildung 38: Nutzwertanalyse.....	- 53 -
Abbildung 39: Erste Entwurfskizzen zum Fassadenelement.....	- 54 -
Abbildung 40: Ausarbeitung von drei Hauptvarianten	- 54 -
Abbildung 41: Nutzwertanalyse zu den drei Hauptvarianten	- 55 -
Abbildung 42: weitere Ausarbeitung der gewählten Hauptvariante	- 55 -
Abbildung 43: Beschäftigung von Detailfragen der halbmodernen Variante	- 56 -
Abbildung 44: Ansichtsbeispiel montiertes Fassadenelement	- 56 -
Abbildung 45: Hauptabmessungen des Entwurfes.....	- 57 -
Abbildung 46: Fassadenelement und goldener Schnitt.....	- 58 -
Abbildung 47: 3D Ansicht der umgesetzten Variante	- 59 -
Abbildung 48: Fassadenelement am Gebäude (akzentuiert)	- 59 -
Abbildung 49: Fassadenelement am Gebäude (eingebunden)	- 60 -
Abbildung 50: Stufenschema für die Bedeutsamkeitsgewichtung	- 61 -
Abbildung 51: Berechnung Erfüllungsfaktor	- 62 -

Abkürzungsverzeichnis

mm	Millimeter
z. T.	zum Teil
o. ä.	oder ähnliches
u.	und
etc.	etcetera
v. Chr.	vor Christi Geburt
z. B.	zum Beispiel
d. h.	das heißt
m	Meter
dB	Dezibel
EF	Erfüllungsfaktor
B_{opt}	optimales Bewertungsergebnis
B_{real}	reales Bewertungsergebnis
G_i	Bedeutsamkeitsgewichtung
OEM _i	Original Equipment Manufacturer

1 Einleitung

„Schönheit bietet eine natürliche Überlegenheit“

(Platon¹)

Dieser Ausspruch des antiken griechischen Philosophen Platon vor fast 2500 Jahren beschreibt ein Wissen, welches in jeder Kultur Gültigkeit hatte und was auch in aktuellen Zeiten des grenzüberschreitenden Marktes für die meisten Unternehmen Maxime sein muss.

Das Thema der Belegarbeit befasst sich mit der Sinnhaftigkeit und dem Nutzen von Industriedesign bei der Anwendung in Kleinseriengeräten.

1.1 Problemstellung

Die Überlegenheit eines guten Designs in der Großserie hat sich längst bewiesen. Es stellt sich allerdings die Frage, ob in Kleinseriengeräten wie Heizungsanlagen, Designelemente anzuwenden wirtschaftlich sind und ob sie vielleicht sogar weiteren Nutzen mit sich bringen?

War vor einigen Jahren der Anbietermarkt für Wärmepumpen noch recht überschaubar, drängen mittlerweile neben kleinen Spezialisten auch die großen arrivierten Hersteller in diesen Bereich. Aus einem Nischenprodukt für Ökologie- und Technikfans ist längst ein ökologisch sinnvolles und ausgereiftes System geworden, welches durch den weiter aufkeimenden Ökologiedanken in der Gesellschaft gute Zukunftsperspektiven vorausgesagt werden.

Durch die Präsenz weiterer Anbieter wurde auch dieser Markt zunehmend zu einem Käufermarkt und geht nun in die Breite und nicht mehr in die Tiefe. Der potentielle Kundenkreis wächst nicht weiter, es findet ein Verdrängungswettbewerb statt. Das Engagement von Großunternehmen aus dem Bereich der fossi-

¹ URL><https://www.apophorismen.de/zitat/6785>< [Stand: 01.10.2016]

len Brennstofftechnik hat alle Mitbewerber in dieser Sparte einem immensen wirtschaftlichen Druck ausgesetzt, für die es nun gilt neue Szenarien zu überlegen.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung dieser Arbeit lautet, Industriedesign und Ergonomie im Bereich des Lüftungs- und Heizungsbaus zu betrachten und anhand eines praktischen Beispiels zu überprüfen.

Für ein kleines Unternehmen muß es auch ein Ziel sein, durch eigenständiges Design und ergonomisch clevere Überlegungen und Lösungen den eigenen Erkennungswert zu steigern und – für den Verkauf wichtige - Unterscheidungs- punkte (USP) heraus zu arbeiten. Der Kunde (unabhängig ob Endkunde, Bau- träger oder Architekt) kauft nicht nur ein einwandfrei funktionierendes technisches Produkt, sondern legt zunehmend Wert auf die optische und ergo- nomische Gestaltung. Mängel und Versäumnisse des Mitbewerbs in diesem Bereich können zu Chancen führen, sich zunehmend Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Eine mögliche Umsetzung in kleinen Unternehmen geschieht da- bei um ein vielfaches schneller als in Großunternehmen.

1.3 Methodisches Vorgehen

Nach der Definition der Problemstellung und der Zielsetzung dieser Arbeit unter Kapitel 1.1 und 1.2 geht die Arbeit in Kapitel 2 zu den Grundlagen und be- schreibt Begriffe und Werkzeuge wie Risikomanagement, SWOT-Analyse und Nutzwertanalyse, um sie im Praxisteil anzuwenden.

Anschließend werden detailliert die Begriffe Design / Industriedesign und Ergo- nomie durchleuchtet und deren wirtschaftliche Bedeutung betrachtet, Teilgebie- te von Design und Ergonomie aufgezählt und einzelne wichtige Begriffe genauer untersucht.

Im praktischen Teil unter Kapitel 3 wird der Entstehungsprozess eines Außen- elementes für die Ansaugung und Ausblasung von Prozessluft für eine Luft-

Wärmepumpe dokumentiert und in der Schlussbetrachtung unter Kapitel 4 zusammengefasst und analysiert.

Die Arbeit schließt mit einer Beschreibung von zukünftigen Maßnahmen und Konsequenzen für das Unternehmen.

2 Grundlagen

„Technisches Design“ oder „Technisch orientiertes Design“ ist nach einer Sprachregelung des Verbandes Deutscher Industriedesigner und des Rates für Formgebung von 1976/16/ „das Designen von Maschinen, Fahrzeugen und Geräten in dem vorgenannten Sinn“². Weiters wird ausgeführt, dass Technisches Design damit aber nur ein Teilbereich der umfangreichen Designdisziplin und Designerausbildung ist (Bild 1).

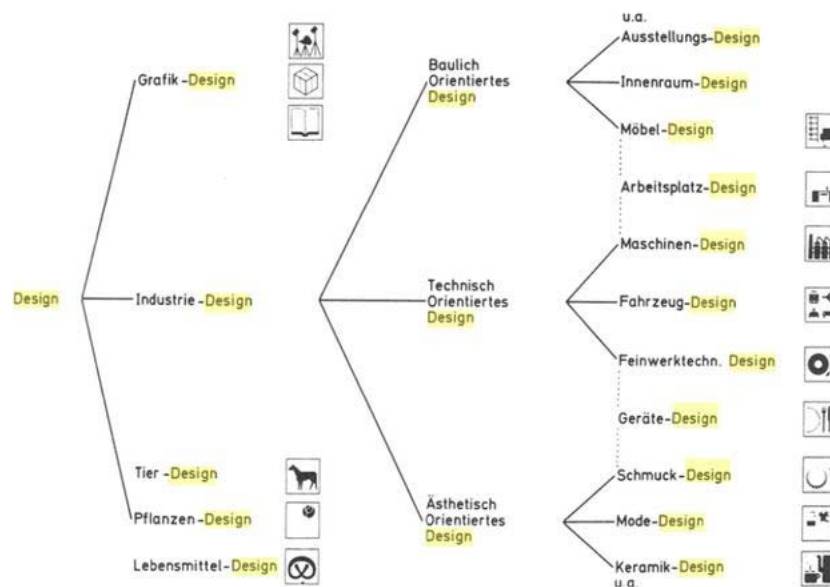


Abbildung 1: Technisches Design als Teilgebiet der Designdisziplinen

In größeren Unternehmen treten die verschiedenen Designteilbereiche zum Teil oder zur Gänze gleichzeitig auf. Daraus ergeben sie den Stil eines Unternehmens in Form des Erscheinungsbildes, des Unternehmens-Designs oder der Corporate Identity.

² Seeger Hartmut, Design technischer Produkte, Programme und Systeme: Anforderungen, Lösungen und Bewertungen, Heidelberg (1992)

2.1 Risikomanagement / SWOT / Nutzwertanalyse

Der heutige Wettbewerb in der Unternehmerwelt ist zunehmend komplex und dynamisch. Er ist geprägt durch sehr kurze Produktlebenszyklen, steigenden Wettbewerb, mitunter fast unberechenbare Veränderungen im Kaufverhalten und nicht zuletzt durch sehr turbulente Finanzmärkte und eine rezessive Wirtschaft.³

Durch die zunehmende Internationalisierung auch von kleineren Unternehmen ist es umso wichtiger, seine Märkte und Kunden im Auge zu behalten und auf deren Wünsche eingehen zu können. Wer es beherrscht, die aktuellen Trends frühzeitig zu erkennen und darauf reagieren zu können wird durch Wachstum belohnt. Dies haben immer mehr Unternehmen erkannt, dennoch sind vor allem kleinere Unternehmen immer noch auf innere Risiken wie Cash-Flow und Umsatzrendite konzentriert und vernachlässigen die äußeren Risiken wie Kundenwünsche und Marktentwicklung, bis sie von der aktuellen Marktsituation überrascht werden.

Ein gutes Risikomanagement kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten, nicht vergangene Fehler neuerlich zu machen, denn das Risikomanagement soll der Geschäftsleitung helfen, Risiken, die das Unternehmen in Bestand oder Erfolg gefährden, rechtzeitig zu erkennen und zu bewältigen. Wichtige Aufgaben des Risikomanagements, welches Teil der Unternehmensführung ist, sind die Ausarbeitung von Strategien die zur Risikobegrenzung und Ertragsoptimierung beitragen, sowie deren Umsetzung. Dabei ist das Ziel nicht die Risiken komplett auszuschließen, denn damit würden auch neue Erfolgchancen ausgehebelt, sondern dies in ein möglichst optimales Verhältnis von Chancen zu Risiken zu bringen. Dieses ist von den Risikopräferenzen der Entscheidungsträger abhängig.

³ Werner, Anna: Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung, Brandenburg (2014), URL>
<http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Risikomanagement/Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung.html>< [Stand: 19.05.2015]

Das Risikomanagement als dynamischer Prozess kann in weitere Teilprozesse zerlegt werden. Diese Teilprozesse sind:

- ❖ Erkennen des Risikos (Risikoidentifikation)
- ❖ Messen und Analysieren des Risikos (Risikobewertung)
- ❖ Steuern des Risikos (Risikosteuerung, Risikocontrolling)
- ❖ Kontrollieren des Risikos (Risikoüberwachung)

Die *Risikoidentifikation* ist als Teil des Risikocontrollings der erste Schritt des kompletten Risikomanagementprozesses, da sich das Risikocontrolling mit der Planung, Kontrolle und Koordination der Risiken, sowie der Information der Unternehmensführung beschäftigt. Grundlage für die Risikoplanung ist die Analyse der Unternehmensrisiken. Es sollen neue Unternehmensziele mit der Risikoplanung vereinbart werden. Hierbei werden typische Ziele, wie Umsatz und Rentabilität mit den Zielen einhergehender Risiken wie sinkende Nachfrage oder verschärfter Wettbewerb, erweitert.⁴

Bei der Risikoidentifikation werden sämtliche Risiken identifiziert und anschließend systematisiert. Die Risikoarten und ihre jeweilige Bedeutung für das Unternehmen in seiner Existenz sind sehr stark von der Branche und anderen unternehmerischen Besonderheiten abhängig. Zur Risikoidentifikation können verschiedenste Hilfsmittel und Instrumente, wie Flow-Chart-Analysen im Rahmen von Verkäufertagungen, Mitarbeiterbefragungen, Checklisten und weitere, eingesetzt werden.

⁴ Romeike, Frank: Risikoidentifikation und Risikokategorien. Erfolgsfaktor Risiko-Management: Chance für Industrie und Handel, Wiesbaden (2003)

Anschließend müssen die festgestellten Risiken aufbereitet bzw. systematisiert werden. Die unternehmerischen Risiken könnten folgendermaßen systematisiert werden:

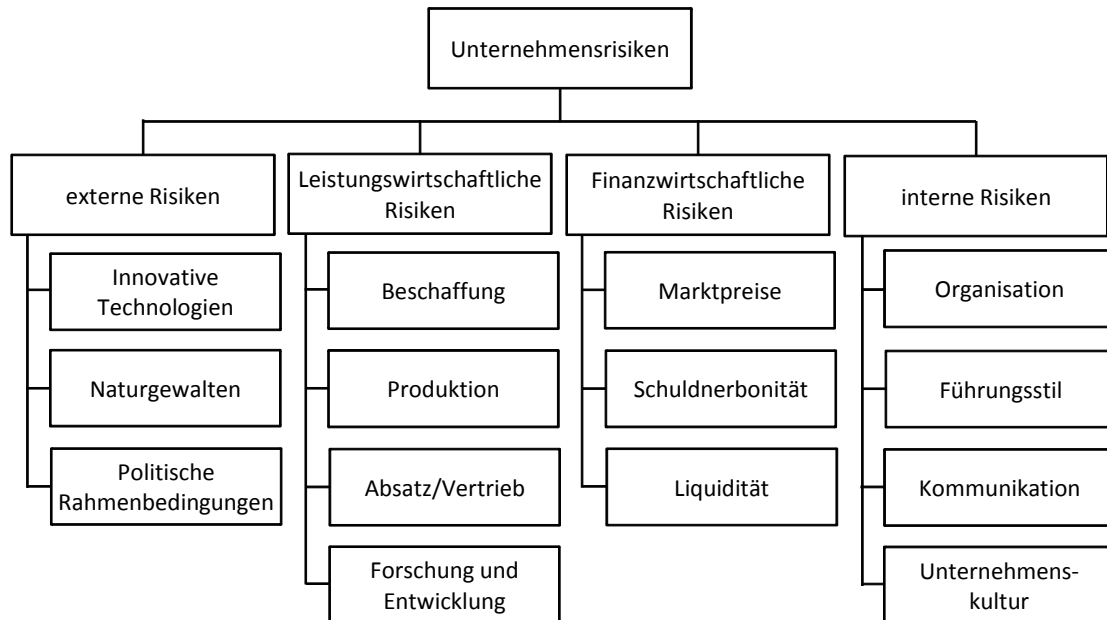


Abbildung 2: Risikoidentifikation⁵

Allgemeine externe Risiken sind Risiken, die von außen auf das Unternehmen einwirken können und im Unternehmen erhebliche Schäden anrichten können. Als Unterpunkt sind in der Aufstellung Risiken aus innovativen Technologien angeführt. Dabei geht es darum, wie stark Erzeugnisse des Unternehmens, sowie das Unternehmen selber einem zunehmendem technischen Wandel ausgesetzt sind.

Unter Naturgewalten sind Risiken der Beschädigung aus Naturereignissen wie Hochwasser, Sturm oder Schnee gemeint. Risiken aus Politischen Rahmenbedingungen betreffen beispielsweise in starkem Ausmaß die unterschiedlichen und sich laufenden Änderungen an Förderungen oder Vorgaben in der Energiewirtschaft oder Hausbauförderung. Ist ein

⁵ Eigene Darstellung, vgl. Werner, Anna: Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung, Brandenburg (2014), URL><http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Risikomanagement/Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung.html>< [Stand: 19.05.2015]

Unternehmen solchen politischen Vorgaben ausgesetzt? Wie gut und wie schnell kann ein Unternehmen auf derartige Veränderungen reagieren?

Leistungswirtschaftliche Risiken sind Gefahren die innerhalb der Wertschöpfungskette auftreten können. Da dabei der gesamte Wertschöpfungsprozess behandelt wird, beinhaltet diese Betrachtung auch den Produktionsprozess von Gütern und Dienstleistungen, sowie deren Vermarktung und Vertrieb auf den Märkten.

Dabei ergeben sich einige Aspekte, welche berücksichtigt werden:

- ❖ Abhängigkeit des Unternehmens von einem oder wenigen Lieferanten?
- ❖ Gibt es eine hohe Abhängigkeit von wenigen Großkunden?
- ❖ Gibt es im Unternehmen eine definierte Forschung und Entwicklung oder fristet diese nur ein sporadisches Dasein?
- ❖ Ist das Unternehmen einem Marktdruck und dessen wachsenden Anforderungen gewachsen?
- ❖ Läuft der Beschaffungsprozess termin- und plangemäß?
- ❖ Wodurch kann der Produktionsprozess behindert oder gestört werden?

Unter dem Begriff der finanzwirtschaftlichen Risiken⁶ fallen im Wesentlichen die Risiken einer geminderten Liquidität sowie einer geringeren Rentabilität des Unternehmens aus der Unsicherheit zukünftiger aber eingeplanter Zahlungen. Unter finanzwirtschaftlichen Risiken aus dem Marktpreis sind negative Entwicklungen des Marktpreises durch steigenden Wettbewerb auf einem zunehmend globalisierten Markt zu verstehen. Das Schuldnerbonitätsrisiko betrifft Zahlungsforderungen, also das Einhalten von Zahlungsverpflichtungen seitens des Kunden. Daraus ergibt sich das Liquiditätsrisiko das den Finanzierungsspielraum des Unternehmens betrachtet. Es wird analysiert, ob

⁶ Dosch, Hilmar: Die Verantwortung des Kaufmanns bei Investitionen in die Moderne, Risikobehaftete Produktionstechnik; Heidelberg (1988)

das Unternehmen über genügend liquide Mittel zur Fortführung des Betriebes verfügt.

Interne Risiken, neudeutsch auch Risiken aus dem Corporate Governance genannt, können dem Unternehmen ebenfalls schwer schaden und bis zum Ruin führen. Wesentliche Aspekte um diese Risiken zu minimieren sind dabei eine Unternehmensorganisation, deren Struktur so aufgebaut ist, dass strategische Entscheidungen schnell und effizient umgesetzt werden können, um so den unternehmerischen Erfolg zu gewährleisten. Weiters sollte ein offener Führungsstil gewählt werden, da die Risiken aus einem falschen Führungsstil in Unzufriedenheit der Mitarbeiter und erhöhter Fluktuation daraus resultieren. Dies führt zu Mitarbeitermangel, erhöhten Kosten für Mitarbeitersuche und Einarbeitung, sowie mit dem langjährigen Mitarbeiter verschwindendes Know-how⁷.

Eine effiziente, funktionierende Kommunikation zwischen den Mitarbeitern und den Abteilungen ist ebenfalls ein wichtiger Punkt in diesem Bereich.

Bei Risiken der Unternehmenskultur geht es um die Teamfähigkeit des Mitarbeiters und um die Identifizierung des Mitarbeiters mit dem Unternehmen. Ein motivierter und stolzer Mitarbeiter ist vor allem in kleinen Unternehmen oft die wichtigste Visitenkarte und das Gesicht des Unternehmens.

Die benannten Unternehmensrisiken sind nicht immer eindeutig abzugrenzen und stehen vielfach in Wechselwirkung. Für die Zuordnung eines Risikos zu einer Kategorie soll die Abgrenzung und damit Einteilung durch das jeweils erforderliche Instrument der Risikosteuerung stattfinden.

Nach der Risikoidentifizierung als ersten Schritt des Risikomanagements folgt das Messen und Analysieren des Risikos (Risikobewertung) als zweiter und sehr wesentlicher Teil des Risikomanagementprozesses. Die Risikomessung ist

⁷ Werder, Axel V.: Ökonomische Grundfragen der Corporate Governance, Stuttgart (2003)

quasi der Kern des Risikomanagements, da nur solche Risiken gesteuert werden können, die auch erfasst und gemessen werden. Die Risiken sind nach Eintrittswahrscheinlichkeit, Häufigkeit und Schadensausmaß zu bewerten.

Zur Messung (und in weiter Folge Steuerung) der Risiken werden sowohl quantitative als auch qualitative Messverfahren eingesetzt. Als quantitative Messverfahren werden analytische Methoden wie die Value-at-risk - Methode (häufig zur Messung von Marktpreisrisiken verwendet) gewählt, als qualitative Messverfahren, bei denen nicht-messbare Risiken erfasst werden können, kommen eher Scoring-Modelle, wie etwa eine Nutzwertanalyse, zum Einsatz.

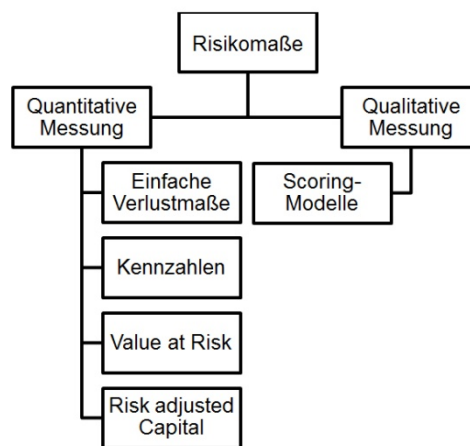


Abbildung 3: Risikomassee⁸

Im Anschluss der Risikomessungen erfolgen die Risikoanalysen und daraus werden wiederum die Handlungsmaßnahmen als Vorgabe für das Risikocontrolling abgeleitet. Die Risikoanalyse ist stark von der Risikofreudigkeit des Unternehmers abhängig, da üblicherweise größere Gewinnaussichten auch größere Risiken bergen.

Grob kann hier nach dem Schadensausmaß in drei Kategorien unterteilt werden:

⁸ Eigene Darstellung, vgl. Werner, Anna: Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung, Brandenburg (2014), URL><http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Risikomanagement/Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung.html>< [Stand: 19.05.2015]

- ❖ Kritisches Risiko, das den Weiterbestand des Unternehmens gefährdet
- ❖ Wichtiges Risiko, das zwar nicht den Fortbestand des Unternehmens gefährdet aber zu kurzfristigen Kapitalmaßnahmen führen kann, um die übliche Geschäftstätigkeit weiterführen zu können
- ❖ Unwichtiges Risiko, das keine besondere Maßnahme erfordert und während der laufenden Geschäftstätigkeit bewältigt werden kann.

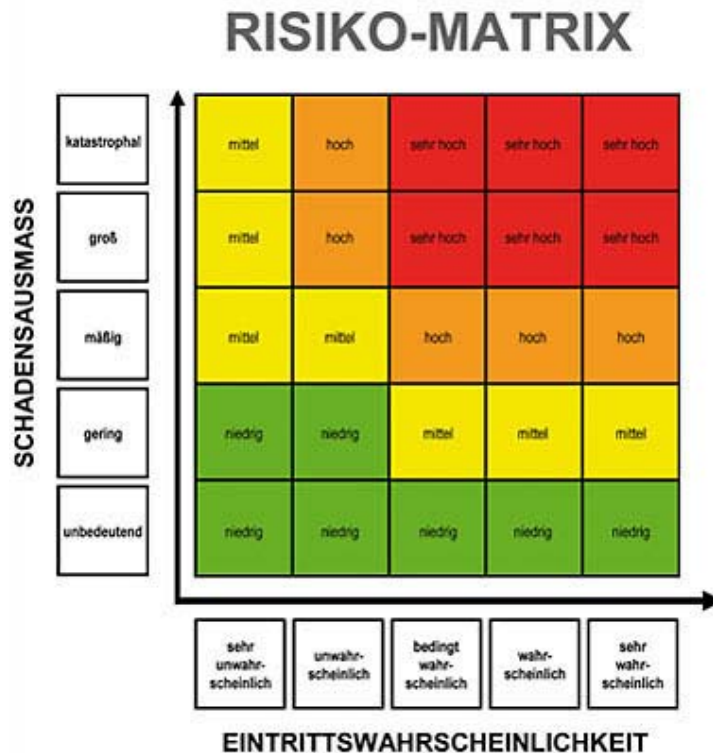


Abbildung 4: Risiko-Matrix⁹

⁹ URL><http://www.mayer-ing.com/wp-content/uploads/2013/06/Risiko-Matrix.jpg>< [Stand: 28.05.2015]

2.2 Was ist Design / Industriedesign?

„Design“ geht sprachgeschichtlich auf die lateinischen Worte „designatum“ und „designans“ zurück.

Designatum wäre dabei sinngemäß „das Designte“ und wird als „Nutzwert oder Qualität einer Produktgestalt, die ihre Betätigbarkeit und Benutzbarkeit sowie ihre Sichtbarkeit und Erkennbarkeit durch den Menschen beinhaltet.“¹⁰

Designans bezieht sich mehr auf die Tätigkeit „des Designens“, also die Konzeption und Ausarbeitung eines Produkts im Rahmen einer systematischen Produktentwicklung, welche die Anforderungen des Pflichtenheftes an die Bedien- und Benutzbarkeit, sowie der Erkennbarkeit der Marke erfüllen soll.

Der Begriff in der jetzigen Schreibweise wurde in den 1960er Jahren aus dem Englischen übernommen, wo er ähnlich dem französischen „dessin“, das bereits Anfang des 19. Jahrhunderts Eingang in den deutschen Sprachgebrauch fand, grundsätzlich für Gestaltung oder Entwurf steht. Im Gegensatz dazu steht die Bezeichnung im italienischen („disegno“) und spanischen („diseño“) Sprachgebrauch stärker für einen erprobenden Vorgang. Im Deutschen wurden bis 1945 in der Fachwelt auch die Begriffe „industrielle Formgebung“ oder „Produktgestaltung“ für den Vorgang des bewussten Gestaltens verwendet. In den vergangenen Jahrzehnten wurde der Begriff „Design“ zunehmend fester Bestandteil des allgemeinen Sprachgebrauchs und erfuhr dadurch auch eine Ausweitung des Begriffes. Mittlerweile dient er oft als Sammelbegriff für bewusst gestaltete Eigenschaften eines Produktes, einer Marke oder einer Dienstleistung. Die Objekte können dabei real oder virtuell sein. Als typische Beispiele wären hier die Produkte von Apple oder Bang & Olufsen in der Unterhaltungsindustrie, sowie die eindeutige Erkennbarkeit von Automobilen wie Bugatti, Porsche, Bentley und vielen weiteren zu nennen.

¹⁰ Seeger Hartmut, Design technischer Produkte, Programme und Systeme: Anforderungen, Lösungen und Bewertungen, Heidelberg (1992)

2.2.1 Ziele und Funktionen des Designs / Industriedesigns

Die Erwartungen, Ziele und Funktionen eines Designs können höchst vielfältig sein, da sich durch menschliche Bedürfnisse, Mentalitäten, Religionen, Umweltverhältnisse, aber auch durch zeitliche Aspekte (durch die stetige Veränderung von Menschen einzeln oder in der Gruppe) eine riesige Anzahl an unterschiedlichen Zielen erkennen lassen.

Dennoch wurde immer wieder versucht, die Funktionen zu katalogisieren. So kategorisiert der „Offenbacher Ansatz“ von Jochen Gros¹¹ (1983 erstellt und 2000 überarbeitet und verbreitet) Produkte wie folgt:

1. Praktische Funktionen
2. Formal-ästhetische Funktionen
3. Zeichenhaft/semantische Funktionen mit weiterer Unterteilung der semantischen Funktionen in:
 - Anzeichenfunktionen
 - Symbolische Funktionen

Praktische Funktionen beziehen sich dabei tatsächlich auf die praktikable Verwendung eines Gegenstandes - ein Handwerkzeug „soll gut in der Hand liegen“ und die erwartete Funktion erfüllen. Im Gegensatz dazu beschreibt eine *formal-ästhetische Funktion* eines Produkts nur dessen optische Erscheinung. Eine *zeichenhaft/semantische Funktion* besitzen Produkte mit einer symbolischen Wirkung – ein teures Auto oder sichtbar teurer Schmuck sollen den gesellschaftlichen Status des Besitzers oder Trägers unterstreichen, aber auch ein roter Hauptschalter an einer Maschine oder gelbe Warnhinweise erfüllen Anzeichenfunktionen, da die Bedeutung von Farben angelernt wurde.

¹¹ Steffen, Dagmar: *Design als Produktsprache – Der „Offenbacher Ansatz“ in Theorie und Praxis*. Verlag form, Frankfurt/Main 2000

Andere Modelle kommen z. T. auf ähnliche Unterscheidungen, so trennt Beat Schneider in seinem Buch „Design – Eine Einführung¹²“ zwischen folgenden Funktionen:

1. Technisch-praktische Funktionen
2. Ästhetische Funktionen
3. Symbolische Funktionen

Während die technisch-praktischen Funktionen und die symbolischen Funktionen dem Offenbacher Ansatz sehr ähneln, geht die Kategorie der ästhetischen Funktionen weiter, da hiermit alle Funktionen erfasst werden, welche auf die Sinneswahrnehmung, den Verstand oder die Psyche abzielen.

Jede Form und Gestalt wirkt auf die menschliche Psyche:

- Farben besitzen psychologische Wirkungen und Assoziationen können verstärken, beruhigen und/oder signalisieren

¹² Beat Schneider: *Design – eine Einführung*. Birkhäuser, 2005

Farbe	+ Eigenschaften	- Eigenschaften
Gelb Farbe der Sonne	freundlich, lebensfroh, Licht, Heiterkeit, Freude, Wissen, Weisheit, Vernunft und Logik	neidisch, schrill, Täuschung, Rachsucht, Pessimismus, Egoismus, Geiz, Neid, Flatterhaftigkeit, Oberflächlichkeit
Grün Farbe der Wiesen und Wälder	naturverbunden, ruhig, über beruhigend, Großzügigkeit, Sicherheit, Harmonie, Hoffnung, Erneuerung des Lebens.	passiv, traditionell, Neid, Gleichgültigkeit, Stagnation, Müdigkeit, Unreife, giftig, dämonisch
Blau Farbe des Himmels	ruhig, zurückhaltend, Ruhe, Vertrauen, Pflichttreue, Schönheit, Sehnsucht, beruhigend, entspannend	kalt, abweisend, kühl, Traumtänzeri, Trunksucht, Lüge, Nachlässigkeit, Melancholie
Violett Farbe der Inspiration, Mystik, Magie und Kunst	angenehm, zurückhaltend, würdevoll, außergewöhnlich, extravagant, Frömmigkeit, Buße, Opferbereitschaft	süßlich, dekadent, stolz, arrogant, unmoralisch
Rot Farbe des Feuers	energiegeladen, aktiv, erregt, Aufmerksamkeit, Vitalität, Energie, Liebe, Leidenschaft	aufregend, aggressiv, aufwühlend, Wut, Zorn, Brutalität, Hass, Aufregung, Gefahr, Verbot
Orange Farbe der untergehenden Sonne	stimmungsaufhellend, stimulierend, appetitanregend, Optimismus, Lebensfreude, Aufgeschlossenheit, Kontaktfreude, Jugendlichkeit, Gesundheit, Selbstvertrauen	warnend, Leichtlebigkeit, Aufdringlichkeit, Ausschweifung, billig, unseriös, Angeberei, Lärm
Cyan (Türkis) Farbe des Meeres	frisch, Wachheit, Bewusstheit, Klarheit, geistige Offenheit und Freiheit	kühl, distanziert, Leere
Magenta (Pink) Farbe der Blüten	sanft, Idealismus, Dankbarkeit, Engagement, Ordnung, Mitgefühl	Snobismus, Arroganz, Dominanz
Weiß Farbe von Eis und Schnee	rein, frisch, Reinheit, Klarheit, Erhabenheit, Unschuld	kraftlos, nichtssagend, Unnahbarkeit, Empfindsamkeit, kühle Reserviertheit
Schwarz Farbe der Dunkelheit bzw. Lichtlosigkeit	definitiv, kraftvoll, Würde, Ansehen, feierlicher Charakter	Trauer, Unergründlichkeit, Unabänderbarkeit, Furcht, Geheimnis, trist, passiv, Depression, Angst, Leid, Tod
Grau Farbe eines trüben Tages	Neutralität, Vorsicht, Zurückhaltung, Kompromissbereitschaft, Unauffälligkeit	Langeweile, Eintönigkeit, Unsicherheit, Lebensangst, Depression
Braun Farbe der Erde	Bodenständigkeit, rustikal, harmonisch, natürlich, gemütlich, Mütterlichkeit, Beständigkeit, Sicherheit, Geborgenheit	Starrheit, Verschmutzung

Abbildung 5: Farb-Assoziationen¹³

¹³ URL><http://www.1-2-do.com/wissen/Farbwirkung>< [Stand: 07.09.2016]

Allerdings ist auch darauf zu achten, dass die einzelnen Farben auf den verschiedenen Kontinenten unterschiedliche Assoziationen hervorrufen.

So steht beispielsweise die Farbe ROT in Europa für Blut, Feuer, Energie, Liebe, Gefahr, Aggression, etc., in Asien aber bspw. für Freude, Glück, Ruhm oder Reichtum.

Während WEISS in Europa (und Japan) für Friede, Unschuld, Reinheit oder Neutralität steht, wird sie in Asien mit Tod und Trauer assoziiert.

Die Natur an sich, Gras, Unreife, Gift aber auch Nachhaltigkeit und Hoffnung (sowie die Signalisierung der Fluchtwege) werden in unserem Kulturkreis mit GRÜN verbunden, in Asien die Attribute Ruhe und Hoffnung, die Farbe steht aber auch in den arabischen Ländern für Fruchtbarkeit, Stärke – und den Islam.

- Formen haben Einfluss auf unser Befinden, werden von unterschiedlichen Menschen oder Kulturen unterschiedlich bewertet.
- Oberflächenbeschaffenheit kann eine Formgebung zusätzlich unterstreichen oder helfen bestimmte Bereiche zu akzentuieren.

Trotz allem ist die Subjektivität sehr hoch, da jede Person recht individuell auf Farben / Formen / Oberflächenbeschaffenheit reagiert, dennoch sollen designte Produkte oft gezielt psychologische Funktionen erfüllen oder gewünschte Informationen transportieren.

2.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung von Design / Industriedesign

War am Anfang eher das Ziel ein schönes adrettes Produkt wie ein Auto zu gestalten, hat sich in Zeiten von Internationalisierung, Globalisierung und Öffnung von Märkten sehr wohl die wirtschaftliche Bedeutung von Industriedesign gefestigt. Es geht mittlerweile viel mehr darum, sich von anderen Mitbewerbern abzuheben und die Unterschiede aufzuzeigen. Mit einem durchgängigen Konzept und einer optimierten Designstrategie, die sich weit über das eigentliche Produkt hinaus erstreckt, wird ein Produkt am Markt eindeutig identifiziert und gekauft oder geht in der Menge der Konkurrenzprodukte unter. Unter diesem Gesichtspunkt wird Design für die Entwicklung, Optimierung und Differenzierung von Produkten und Dienstleistungen genutzt. So wird unter der Ägide des Industriedesigns ein Produkt noch in der Entwicklungsphase überarbeitet, an Teilen reduziert und am fertigungstechnisch Machbaren und Sinnvollen optimiert. So kann eine simple Änderung im technischen Aufbau oder in der Materialwahl eines Produktes die Kosten reduzieren oder explodieren lassen und vom Markt positiv oder negativ aufgenommen werden. Dies führt zu einem sensiblen Verhältnis von Design zu Produktionskosten und hilft die Attraktivität zu steigern.

Wichtige Kennzahlen stellen dabei die Produktwirtschaftlichkeit und die Umsatzrentabilität dar:

Die Kennzahl der *Produktwirtschaftlichkeit* verkörpert das wertmäßige und somit dimensionslose Verhältnis von in Geld bewerteten Out- und Inputs.

$$\text{Produktwirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Kosten}}$$

Die *Umsatzrentabilität* stellt das Verhältnis zwischen erwirtschaftetem Gewinn zum Umsatz dar und wird in Prozent angegeben.

$$\text{Umsatzrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \times 100$$

Neben den wirtschaftlichen Faktoren müssen in der Entwicklungsphase aber auch die ökologischen Aspekte, vor allem bei industriell gefertigten Serienprodukten, betrachtet werden. Auch hier übernimmt der Designer hohe Verantwortung, da bei Herstellung, Vertrieb und Gebrauch vieler technischer Produkte Materialressourcen, Rohstoffe und Energie verbraucht werden. Selbst ein gut geplantes Recycling benötigt Ressourcen, welche die Umwelt belasten. Die Ökobilanz liefert hier ein gutes Werkzeug, festzustellen, wie umweltverträglich ein neues Produkt über die gesamte Produktlebensdauer ist.

- Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse

Bei einer Lebenszyklusanalyse oder auch Ökobilanz¹⁴ wird eine systematische Analyse der Umweltwirkungen des untersuchten Produkts während des gesamten Lebenszyklus betrachtet (es kann aber auch nur der Lebensbereich von der Entstehung bis zu einem bestimmten Zeitpunkt – „from cradle to factory gate“ – betrachtet werden).

Die Betrachtung analysiert sämtliche Wirkungen auf die Umwelt während der Herstellung, der Nutzungsphase und der Entsorgung des Produkts. Dabei wird aber auch die Herstellung der Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffe miteinbezogen, sowie die Emissionen in die Umwelt.

¹⁴ Klöpffer, Walter, & Grahl Birgit: Ökobilanz (Ica): Ein leitfaden für ausbildung und beruf, Berlin (2012)

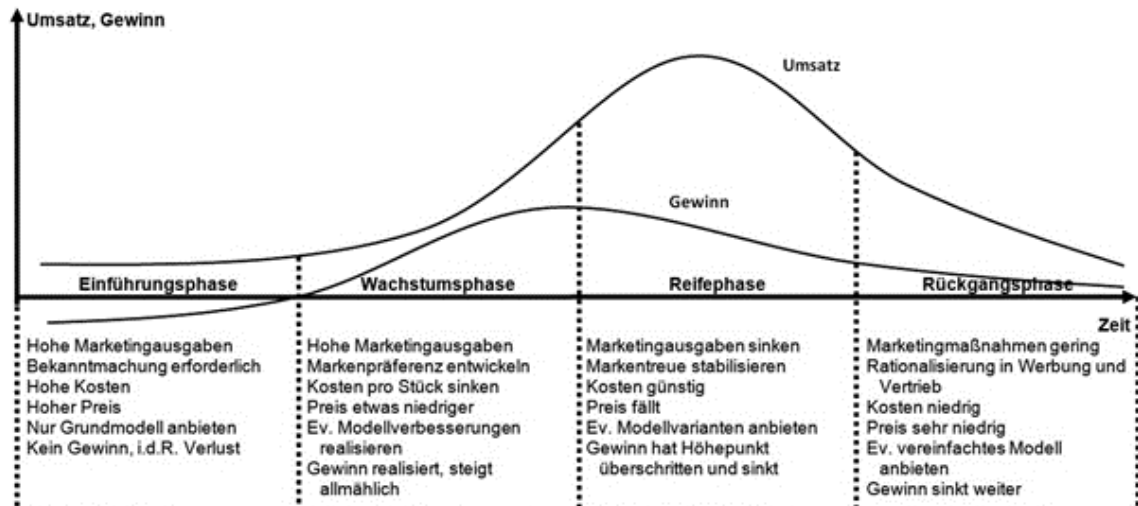


Abbildung 6: Lebenszyklus-Analyse¹⁵

2.2.3 Teilgebiete oder Disziplinen des Designs

Durch die Breite der Anwendungen wird in der Designpraxis nach genutzten Medien oder nach Funktionen in verschiedene Disziplinen unterteilt. Dies hilft dabei, die Kompetenzen von professionellen Designern herauszufiltern oder bewusst fachfremde Kompetenzen in monokulturellen Teams einsetzen zu können.

- Application Design

Beschreibt die Funktion und den Umfang einer Software

- Architektur

Die Tätigkeiten eines Architekten sollten die Ideale designerischen Handelns berücksichtigen.

- Transportation Design (Automobildesign)

Entwicklung von Transportmitteln wie Automobile, Züge, Flugzeuge, Schiffe

¹⁵ URL><http://www.dashoefer.de/images/onlibbiblio/H-Biblio-3-3-Abb4.jpg?wa=IPEMBI15>< [Stand: 30.05.2015]

- Axiomatic Design
Ist eine Methode zur strukturierten Suche und Zuordnung von Lösungen zu zuvor definierten Anforderungen. Der Lösungsansatz wird dabei auf verschiedene Domänen aufgeteilt und übergreifend entwickelt.
- Corporate Design
Es bezieht sich auf die Corporate Identity, das durchgängig gestaltete Erscheinungsbild eines Unternehmens oder einer Organisation über Firmenlogo, -auftritt, unternehmenstypische Produktgestaltung (über Farben o. ä.), Werbeauftritte usw.
- Datenbankdesign
Ist das Planen und Erstellen einer Datenbankanwendung vor der Erstellung einer Datenbank
- Designmanagement
Hier geht es um Steuerung und Einsatz von Designanwendungen.
- Color Design (auch Farbdesign)
Das Farbdesign als Unterdisziplin des Designs beschäftigt sich mit der Farbgestaltung von Produkten und Werbemitteln. Durch die weltweit unterschiedlichen Farbassoziationen hat sie einen wesentlichen Einfluss auf Erfolg oder Misserfolg eines Produktes in einem Land oder Kulturkreis.
- Fernsehdesign
Es beschäftigt sich mit dem visuellen Auftritt eines Fernsehsenders. Es wird auch als On-Air-Design bezeichnet.
- Food Design
Food Designer setzen ein Lebensmittel nicht nur für die Werbung auf Fotos oder Filmen gut in Szene, der Begriff des Food Designs wird auch bei der Rezeptur von Lebensmitteln oder Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt, sowie unter Verwendung von chemischen Hilfsmitteln für die Schaffung neuer Geschmacksnoten in der Molekularküche.

- Fotodesign
Hier geht es um die visuelle Inszenierung von Produkten auf Foldern, Broschüren und weiteren Kommunikationsmöglichkeiten mit Bildern.
- Game Design
Der Ursprung des Game Designs liegt in den klassischen Videospielen. Es befasst sich mit der Umsetzung von Spielidee, Storyboard und Level-Gestaltung.
- Grafik Design
Besonders die Werbebranche greift auf Graphikdesign zurück. Diese beschäftigt sich mit der Anwendung von Layout, Bildbearbeitung und Typografie.
- Haptik Design
Die Haptik ist die Lehre vom Tastsinn. Das Haptik Design beschäftigt sich aber nicht nur mit der Oberflächenbeschaffenheit von Produkten wie Schalter, Griffe und Kugelschreiber, sondern verfolgt auch das Ziel der Schaffung von haptischen Marken. Haptische Marken sind dabei Produkte mit fühlbaren Unterscheidungsmerkmalen, welche ein Produkt von den Konkurrenzprodukten eindeutig unterscheiden lassen. Bekannte Beispiele hierzu sind die Form der Coca-Cola – Flasche oder der WC-Ente.
- Interaktionsdesign
Diese Disziplin nimmt sich den Möglichkeiten von elektronischen Eingabemedien oder Sensoren in ein Mensch-Maschine System an. Sie ist erst Ende der 1980er Jahre durch die Schaffung grafischer Bedienoberflächen als eigenständige Disziplin entstanden.
- Interface Design
Abgrenzend zum Interaktionsdesign, welche die Gestaltung eines Prozesses einer Schnittstelle zum Ziel hat, beschäftigt sich das Interface-Design mit der Gestaltung eines Produktes einer Schnittstelle mit Hard- und Software.

- Invention Design
Diese entwickelt neue Produkte an der Schnittstelle zwischen analoger und digitaler Welt.
- Lichtdesign
Das Lichtdesign, als Bereich der Lichtplanung, beschäftigt sich v. a. mit dem gestalterischen Aspekt von Licht. Es kann ästhetische Mängel ausgleichen oder neue Akzente setzen, sowohl architektonisch, dekorativ oder am Theater.
- Mediendesign
Diese ist eine Unterkategorie der Mediengestaltung und betrachtet die mediale Kommunikation in künstlerischen, als auch technischen Belangen.
- Modedesign
Die Assoziation von Design und Mode ist wohl die bekannteste Disziplin. Sie umfasst das Entwerfen und Gestalten von Bekleidung und Accessoires. Die Präsentation der neuen Entwürfe der großen Modelabels findet auf großen Modeschauen in Paris oder Mailand statt.
- Produktdesign / Industriedesign
Industriedesign und Produktdesign befassen sich mit der Gestaltung von Produkten in Hinblick auf deren serielle Fertigung. Da dieser Zweig eng mit den Möglichkeiten der industriellen Fertigung kooperiert, ist hier auch Ingenieurwissen gefordert.
- Schmuckdesign
Ähnlich wie beim Modedesign werden beim Schmuckdesign Einzelstücke, aber auch seriell gefertigte Massenware entworfen und gestaltet.
- Service Design
Mit Hilfe spezifischer Methoden werden die Schnittstellen zwischen Dienstleister und Dienstleistungsempfänger aufgezeigt und bewertet. Daraus können Service-Produkte geschnürt und das Angebot verbessert werden.

- Sound Design

Die Übersetzung hierzu ins Deutsche wäre Tongestaltung und dies ist die kreative Arbeit mit Tönen und Geräuschen. Die Anwendung des Sound Designs geht in viele Richtungen, neben Rockkonzerten, Opern und Hörfunk in jüngerer Zeit auch für Formel 1- und Elektrofahrzeuge.

- Textildesign

Diese Disziplin beschäftigt sich mit der Planung und Entwicklung von Textilien. Neben den klassischen Bereichen wie Heim- oder Bekleidungstextilien beschäftigen sich Textildesigner auch mit technischen Bereichen wie Fahrzeug- oder Flugzeugausstattungen.

- Universal Design

Das universelle Design soll Produkte, Geräte und Systeme so gestalten, dass es für möglichst viele Menschen ohne weitere Anpassungen nutzbar ist.

- Orientierungsdesign

Ziel sind Leit- oder Orientierungssysteme zu entwickeln, welche eine benutzerfreundliche Führung durch Städte, Freizeitparks oder öffentliche Gebäude wie Krankenhäuser ermöglichen.

- Webdesign

Das Webdesign bzw. die Webgestaltung kümmert sich um den Internetauftritt von Firmen oder Organisationen.

Neben der Unterteilung nach Funktionen oder genutzten Medien gibt es noch weitere Möglichkeiten zur Unterteilung¹⁶:

1. nach Funktionalität

- Ergonomie
- Sicherheit
- Gebrauchstauglichkeit (usability)
- Wartung, Pflege

2. nach produktsprachlichen oder sinnlichen Funktionen

- formalästhetische Funktionen
- semantische Funktionen (Bedeutung Zeichen = symbolisch)
- Anzeichenfunktionen
 - haptisch,
 - olfaktorisch
 - soziale und kulturelle Aspekte
 - Zielgruppen

3. nach ökologischen Aspekten

- Lebenszyklus
- Recycling

4. nach ökonomischen Effekten

- Herstellungsaufwand, Komplexität
- Herstellungsverfahren
- Anzahl der Fertigungsschritte
- Materialien
- Materialvielfalt
- Transport- u. Lageraufwand, Stapelbarkeit, Gewicht, etc.

¹⁶ Lindner, Hartmut: Skript „Produktdesign“, 2015

2.2.4 Der Goldene Schnitt

„Die Ästhetik ist das größte irdische Mysterium“

(Salvador Dali¹⁷)

Seit Jahrtausenden wird ein hohes Maß an Proportionalität und Symmetrie als schön betrachtet. In der Natur gibt es diese Symmetrie in Form von

- Spiegelsymmetrie (Symmetrie zweier Seiten um eine Spiegelachse),
- Rotationssymmetrie (Symmetrie um einen Drehpunkt) oder
- Kugelsymmetrie (Symmetrie dreidimensionaler Gebilde um einen Mittelpunkt).

Allerdings kann ein gewisser Anteil an Asymmetrie pointieren und dem sonst symmetrischen Gegenstand weiteren Reiz an Schönheit einhauchen.

Dieses Proportionsverhältnis von Asymmetrie, welches seit Jahrtausenden die Menschen fasziniert, wird als „Goldener Schnitt“ bezeichnet.

Diese Proportionen des Goldenen Schnitts zeigen das Bild der Vollkommenheit, das den Widerspruch von Teilung und Rückbezug auf das Ganze vollbringt.

Der griechische Mathematiker Euklid (365 – 300 v. Chr.) formulierte im zweiten Buch der Elemente folgende Aufgabe:

¹⁷URL><https://www.zitate.eu/author/dali-salvador/zitate/158163>< [Stand: 01.10.2016]

„Eine gegebene Strecke ist so zu teilen, daß das Rechteck aus der ganzen Strecke und dem einen Abschnitt, dem Quadrat über dem anderen Abschnitt gleich ist.“¹⁸

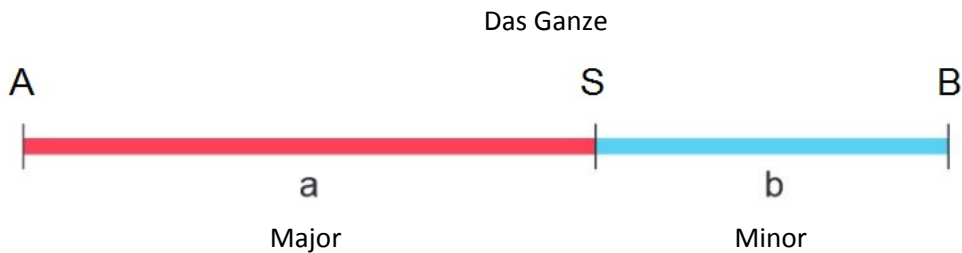


Abbildung 7: Goldener Schnitt

In mathematischer Schreibweise bedeutet dies: $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$

Im Bezug zum Goldenen Schnitt wird die kurze Teilstrecke b als *Minor* und die größere Teilstrecke a als *Major* bezeichnet.

Mathematisch weitergeführt ergibt sich dann: $\Phi = \frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618033988\dots$

Φ ist dabei eine irrationale Zahl und nicht als Bruch darstellbar.

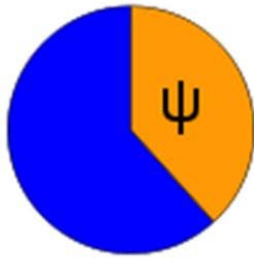
Der Goldene Schnitt zieht sich weiter über das Goldene Rechteck (ein Rechteck mit den Seiten a und b entspricht dann dem Goldenen Schnitt, wenn dies auch für das Rechteck mit den Seiten a+b und a gilt), und den Goldenen Winkel (Teilung eines Vollkreises im Verhältnis des Goldenen Schnitts).



Ein Goldenes Rechteck lässt sich jeweils in ein kleineres Goldenes Rechteck und ein Quadrat zerlegen.

Abbildung 8: Goldener Rechteck

¹⁸ EUKLID: Die Elemente. Buch I – XIII. Nach Heibergs Text aus dem Griechischen übersetzt und herausgegeben von Clemens Thaer. Darmstadt 1984



$$\Psi = \frac{360^\circ}{\Phi} \approx 222,5^\circ$$

Abbildung 9: Goldener Winkel

In der Natur und in der klassischen Architektur finden sich unzählige Beispiele, welche harmonisch nach dem Goldenen Schnitt aufgebaut sind.



Abbildung 10: Vorkommen des Goldenen Schnitts in der Natur¹⁹

¹⁹ URL><http://www.gymnasium-vogelsang.de/team2/team2/bilder/spiralen.jpg>< [Stand: 27.08.2016]

Über die Jahrhunderte versuchten verschiedenste Mathematiker diese offensichtlich heilige Geometrie in Zahlenreihen zu fassen. Der bei uns weitaus bekannteste Mathematiker, welcher sich damit beschäftigt hat, ist Leonardo da Pisa, der auch Fibonacci genannt wird. Der Zweitname Fibonacci ist eine Kurzform von „filius Bonacii“, was „Sohn des Bonacius“ bedeutet, zu Lebzeiten Fibonacci zwischen 1170 und 1250 aber noch nicht gebräuchlich war. Im Liber Abaci beschreibt Fibonacci das berühmte Kaninchenproblem mit folgender Aufgabenstellung:

- Wieviele Kaninchenpaare hat man am Ende eines Jahres, wenn folgende Annahmen gelten:
 - Ein neugeborenes Kaninchenpaar bekommt genau nach zwei Monaten zum ersten Mal Nachwuchs in Form eines neuen Kaninchenpaares
 - Danach bringt das nun erwachsene Kaninchenpaar jeden Monat ein neues Kaninchenpaar zur Welt
 - Im betrachteten Zeitraum sterben keine Kaninchen.

Die sich daraus ergebende Zahlenfolge (und Kaninchenpaare) lautet folgendermaßen:

1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55; 89; 144; 233; 377

Diese Reihe lässt sich weiter fortsetzen und hätte innerhalb kürzester Zeit eine Kaninchenplage zur Folge.

Das Besondere dabei: bei der Fibonacci-Reihe nähert sich das Verhältnis zweier aufeinander folgender Fibonacci-Zahlen der Zahl Φ aus dem Goldenen Schnitt zunehmend an.

Wie eingangs angeführt haben sich aber weitere Mathematiker mit der heiligen Geometrie beschäftigt, wie der altindische Gelehrte Pingala, der sich mit dem Aufbau der Versmuster des Veda – der Sammlung heiliger Schriften des Hinduismus in der Sprache Sanskrit beschäftigte.

Pingalas erarbeitete folgende Zahlenfolge der Versmaße:

1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55; ...

Bei dieser Zahlenreihe nähert sich das Verhältnis zweier aufeinander folgender Pingala-Zahlen sogar um einen Schritt schneller der Zahl Φ aus dem Goldenen Schnitt an als die Fibonacci-Reihe.

Verhältnisse aufeinanderfolgender
Fibonacci-Zahlen

f_n	f_{n+1}	$\frac{f_{n+1}}{f_n}$	Abweichung zu Φ in %
1	1	= 1,0000	-38
1	2	= 2,0000	+23
2	3	= 1,5000	-7,3
3	5	$\approx 1,6667$	+3,0
5	8	= 1,6000	-1,1
8	13	= 1,6250	+0,43
13	21	$\approx 1,6154$	-0,16
21	34	$\approx 1,6190$	+0,063
34	55	$\approx 1,6176$	-0,024
55	89	$\approx 1,6182$	+0,0091
89	144	$\approx 1,6180$	-0,0035
144	233	$\approx 1,6181$	+0,0013

Abbildung 11: Abweichung Fibonacci/Pingala zum Goldenen Schnitt

Bei der Konstruktion der Fibonacci-Reihe wird Anlehnung an die Natur genommen und die Reihe spiralförmig aufgezeichnet:

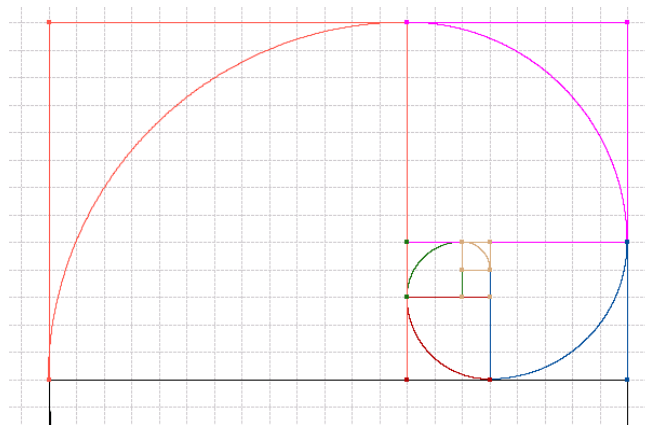


Abbildung 12: Konstruktion einer Fibonacci-Spirale

Tatsächlich enthalten viele ästhetisch und anmutig wirkende „Konstruktionen“ aus der Natur den Goldenen Schnitt, das Goldene Rechteck oder den Goldenen Winkel.

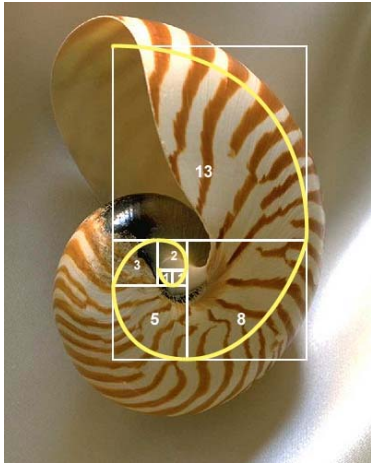


Abbildung 13: Goldener Schnitt in einer Muschel²⁰

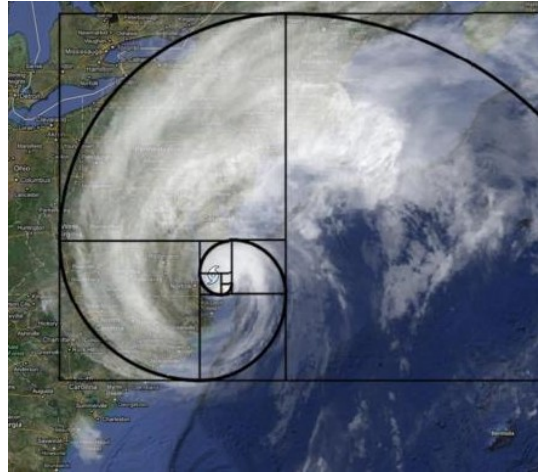
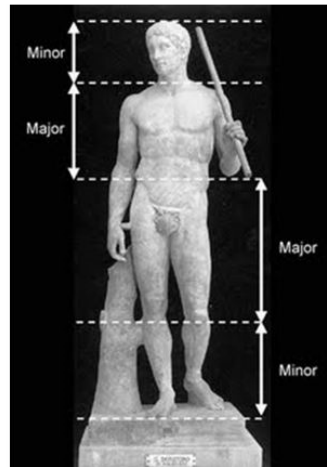
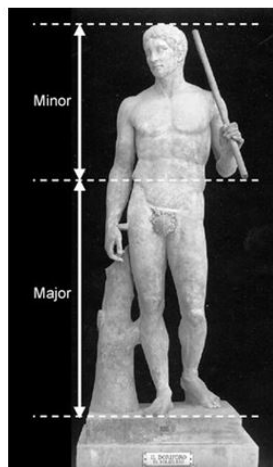


Abbildung 14: Goldener Schnitt in einem Hurricane²¹

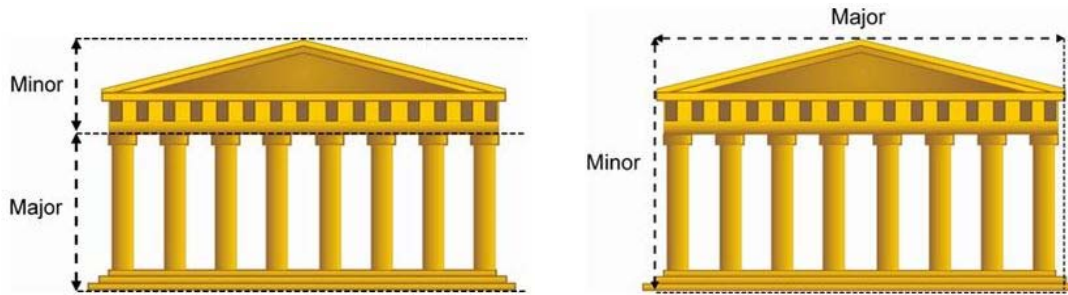
Aber auch die alten Ägypter und Griechen wussten von der Wirkung des Goldenen Schnittes und integrierten diese in ihre Baukunst:



Abbildungen 15 und 16: Goldener Schnitt in der Statue des Doryphoros²²

²⁰ URL><https://www.vismath.eu/images/gallery/upload/goldener-schnitt-goldenes-rechteck-muschel.jpg> < [Stand: 11.09.2016]

²¹ URL><http://www.juevesfilosofico.com/wp-content/uploads/2012/01/IreneGoldenRatio.jpg> < [Stand: 11.09.2016]

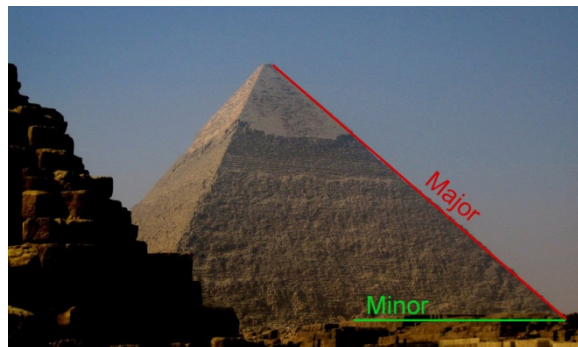


Abbildungen 17 und 18: Goldener Schnitt im Parthenon Tempel zu Athen²³

Der Parthenon wurde rund 450 v. Chr. unter Perikles errichtet und gilt als das schönste vollendete Werk der altgriechischen Architektur. Er gilt als Paradebeispiel der klassischen symmetrischen Baukunst und spiegelt in vielen Details die Anwendung des Goldenen Schnitts, des Goldenen Rechtecks und des Goldenen Winkels wider. Die exakte Symmetrie ist aber mancherorts bewusst unterbrochen, so neigen sich die Säulen beispielsweise leicht nach innen und stehen nicht an den bei einer genauen Symmetrie vorgegebenen Punkten.

Der Parthenon ist damit die perfekte Symbiose aus Symmetrie und Asymmetrie.

Schon die Ägypter wussten von den Beziehungen, so sind die Pyramiden von Gizeh nach dem Goldenen Schnitt angeordnet und die Pyramiden in vielerlei Hinsicht nach dem Goldenen Schnitt und dem Goldenen Winkel aufgebaut.



Abbildungen 19: Anordnung der Pyramiden von Gizeh²⁴

Abbildungen 20: Goldener Schnitt in der Cheops-Pyramide²⁵

²² Online verfügbar unter URL><http://www.golden-section.eu/kapitel5.html>< [Stand: 11.09.2016]

²³ URL><http://www.golden-section.eu/kapitel5.html>< [Stand: 11.09.2016]

²⁴ URL>http://www.personalvitality.com/magazin2000/Artikel_HPL_KONTAKT_AUF_49_6_org.htm< [Stand: 11.09.2016]

Auch Leonardo Da Vinci beschäftigte sich in seinen Bildern und Skulpturen mit diesem Thema, u. a. im Vitruvianischen Mensch.

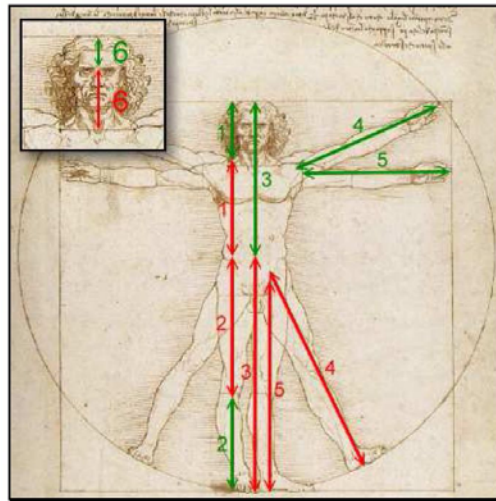


Abbildung 21: Vitruvianischer Mensch von Leonardo Da Vinci²⁶

Euklid, Fibonacci und Pingala (um nur einige zu nennen) beschrieben schon früher die Natur und versuchten dies in Zahlen und Formeln zu packen, da es sich um die „Göttliche Geometrie“ handelt.

²⁵ URL><http://www.goldener-schnitt.org/der-goldene-schnitt-in-der-architektur/>< [Stand: 11.09.2016]

²⁶ URL>http://www.sabrinafischer.m2p.org/wordpress/wp-content/uploads/2009/11/goldener_schnitt.jpg< [Stand: 18.09.2016]

2.3 Was ist Ergonomie?

Der Begriff „Ergonomie“ setzt sich aus den altgriechischen Wörtern „ergon“ (und „nomos“ zusammen. Die Übersetzungen ins Deutsche wären dabei „Arbeit“ oder „Werk“ für ergon und „Regel“ bzw. „Gesetz“ für nomos. Somit wäre die Ergonomie sinngemäß als die „Wissenschaft von den Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Arbeit“ zu betrachten.²⁷

Als der Urvater der Ergonomie wird der polnische Wissenschaftler Wojciech Jastrzebowski (Professor für Botanik, Physik, Zoologie und Gartenkunde in Warschau) genannt, der in einem Artikel von 1857 in einer Wochenzeitschrift den Begriff der Ergonomie benennt und definiert.

Bei der Ergonomie geht es darum, die Arbeitsabläufe, Arbeitsbedingungen oder die Positionierung der zu verwendenden Gegenstände (Halbzeuge, Werkzeuge, Hilfsmittel) an den Menschen anzupassen und nicht umgekehrt.

2.3.1 Ziele der Ergonomie

Die Ergonomie ist ein wichtiger Bestandteil der Arbeitswissenschaft und gliedert sich in die Produktergonomie und die Produktionsergonomie, wobei der Übergang durchaus fließend sein kann, da bei der Arbeitsmittelgestaltung (Produktergonomie) deren spätere Verwendung unter Beachtung der Arbeitsbedingungen (Produktionsergonomie) berücksichtigt werden soll.

Unter diesem Gesichtspunkt ist auch eines der Ziele der Ergonomie gut zu handhabende und komfortabel zu nutzende Produkte herzustellen.

Ein anderes immer wichtiger werdendes Ziel ist die ergonomische Arbeitsgestaltung, bei der es darum geht, eine Arbeitsatmosphäre zu schaffen und Arbeitsbedingungen so zu gestalten, daß möglichst keine

²⁷ URL><http://www.ergonomisch.org>< [Stand: 19.06.2016]

gesundheitsgefährdenden Belastungen – auch bei langjähriger Ausübung der Tätigkeit - entstehen. Somit hat die Ergonomie großen Einfluss auf die Arbeitssicherheit, den Arbeitsschutz, die Wirtschaftlichkeit und die präventive Erhaltung der Gesundheit.

Darüber hinaus kommt Humanwissenschaften eine hohe Bedeutung zu, da sich Ergonomie als Bindeglied zwischen Mensch und Technik sieht. Die Arbeitsphysiologie beschäftigt sich mit der Physiologie des Menschen, also der körperlichen Leistungsfähigkeit, die Arbeitsmedizin mit den Wechselwirkungen zwischen der Arbeit des Menschen und dessen Gesundheit.

2.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung der Ergonomie von Produkten

Besonders bei der Produktergonomie geht es nicht nur darum aus ergonomischer Sicht ein gutes Produkt zu kreieren, sondern hier geht es auch darum ein optisch ansprechendes Design zu gestalten, um die Attraktivität der Produkte auf dem Markt sicherzustellen. Somit ergeben sich daraus enge Bindungen zu Produkt- und Industriedesign.

2.3.3 Teilgebiete der Ergonomie

Neben der Unterscheidung an Hand des Gegenstandsbereiches in *Produktergonomie* (micro ergonomics) und *Produktionsergonomie* (macro ergonomics) wird in weitere Teilbereiche gegliedert:

Das Teilgebiet der *Physikalischen Ergonomie* beschäftigt sich mit der Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Industrie oder im Büro vor dem Hintergrund der Arbeitsablaufoptimierung als Ziel der Erhöhung der Effizienz, sowie der Vermeidung von Haltungs- und Bewegungsschäden zur Reduzierung von Krankenstandstagen.

Der Teilbereich der *Kognitiven Ergonomie* (oder Ingenieurpsychologie) beschäftigt sich mit der Gestaltung von technischen Systemen. Ziel ist dabei, diese so zu gestalten, dass sie vom Bediener leicht und sicher bedient werden können und die Bedienung schnell zu erlernen ist.



Abbildung 22: Optimierung eines Bus-Kartenautomaten²⁸

Das Gebiet der *Organisatorischen Ergonomie* wiederum befasst sich mit dem Thema der Effizienzsteigerung und –optimierung bei interpersonellen Kommunikationen, z. B. den Sitzordnungen in Klassenräumen.

2.3.4 Begriff der Anthropometrie

Die Anthropometrie (aus dem griechischen Anthropos = menschlich und metron = Maß) ist „die Wissenschaft von den menschlichen Körper- und Skelettmerkmalen und deren exakter Bestimmung“.²⁹ Sie beschäftigt sich also mit der Erfassung und Beschreibung des Körperbaus und der Körperkräfte (statische Anthropometrie), sowie den Körperbewegungen (dynamische Anthropometrie) im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung.

Das Interesse an den Proportionen des menschlichen Körpers ist bereits uralt, so finden sich neben anthropometrischen Darstellungen von ägyptischen Grab-

²⁸ URL><http://www.braundesign-kommunikation.de/arbeiten/automatenoptimierung/index.html#<> [Stand: 01.10.2016]

²⁹ Definition nach Duden

trägern aus der 18. Dynastie (1400 v. Chr.) auch annähernd zeitgleich chinesische Proportionszeichnungen aus der Ming-Dynastie (1644 – 1368 v. Chr.).

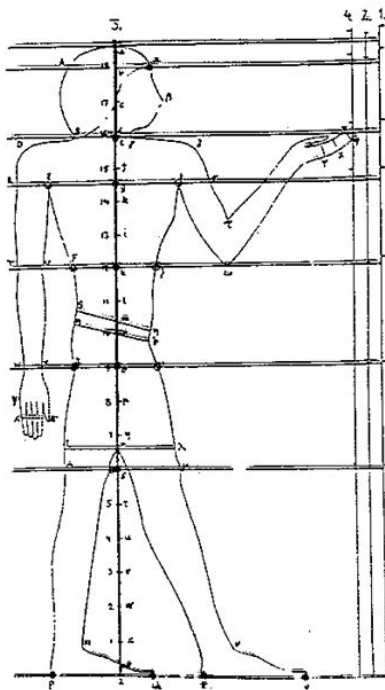


Abbildung 23: Anthropometrische Darstellung aus Ägypten³⁰



Abbildung 24: Anthropometrische Darstellung aus China³¹

Da sich bei den Untersuchungen der heutigen Zeit relevante Unterschiede zwischen Geschlechtern, Rassen, Regionen und Alter ergaben, ist bei der Produktgestaltung ein wesentlicher Faktor die genauere Betrachtung des avisierten Kundenkreises.

Ein bekanntes Anwendungsfeld von anthropometrischen Daten bildet die Bekleidungsindustrie, wo aus ästhetischen oder sicherheitstechnischen Gründen (persönliche Schutzausrüstungen) die Bekleidungsstücke an die Körpermaße angepasst werden. So werden über Querschnittsuntersuchungen Daten erhoben und versucht diese zumindest europaweit zu vereinheitlichen.³² In der Tex-

³⁰ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

³¹ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

³² Gebhardt, Hansjürgen: Anthropometrische Daten in Normen – Bestandsaufnahme und Bedarfsanalyse unter besonderer Berücksichtigung des Arbeitsschutzes; KAN-Bericht 44 S.30; Bonn 2009

tilindustrie und der Automobilindustrie haben sich unter der Bezeichnung „SizeGermany“³³ 80 Unternehmen an einem Projekt beteiligt, welche das Ziel hatte, die zeitlich veränderlichen Körperdaten zusammenzufassen und auszuwerten. Die Verwendung der Ergebnisse dieser Untersuchung wäre auch für die Ausarbeitung von Richtlinien und Normen im Bereich der Produktgestaltung sinnvoll und wünschenswert, da anthropometrische Daten zur maßlichen Gestaltung von Produkten und Arbeitsplätzen beitragen können und im Einflussbereich der Ergonomie wesentliche Grundlageninformationen liefern kann.

Weitere wesentliche Einsatzgebiete von anthropometrischen Daten sind im Bereich des Arbeitsschutzes, bspw. für die Bemessung von Schutzabdeckungen oder Berührungsschutze („Normfinger“, „Normhand“, etc.), sowie weiteren Mensch-Maschine-Schnittstellen zu finden, um die zu konstruierenden Produkte in maßlicher Hinsicht sicher und gesundheitsschonend gestalten zu können.

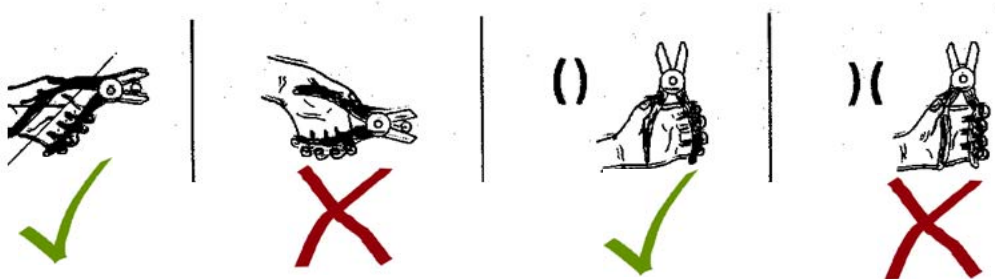


Abbildung 25: Handhaltung und Ergonomie³⁴

³³ Siehe www.sizegermany.de, HUMAN SOLUTIONS GmbH, Kaiserslautern, Zugriff 27.08.2016

³⁴ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

2.3.5 Quantil und Perzentil

In der Statistik findet die Bezeichnung *Quantil* als Lagemaß Verwendung. Dabei bezeichnet es einen Schwellenwert, unter dem ein bestimmter Anteil der Werte kleiner als das Quantil ist, der Rest größer. Das 20%-Quantil bezeichnet jenen Schwellenwert, bei dem 20% aller gemessenen Werte darunter liegen, 80 % hingegen darüber.

Als „besondere Quantile“ gelten

- der *Median* oder *Zentralwert* als 0,5-Quantil (die gesamte Menge wird in zwei gleich große Hälften halbiert),
- der *Terzil* (die Gesamtmenge wird gedrittelt: unteres, mittleres, oberes Drittel),
- der *Quartil*, bei dem die größengeordnete Menge in Q1 unteres Quartil (0,25-Quantil), Q2 mittleres Quartil (0,5-Quantil = Median) und Q3 oberes Quartil (0,75-Quantil) geteilt wird, ist in der Statistik die meist verwendete Form der Quantile

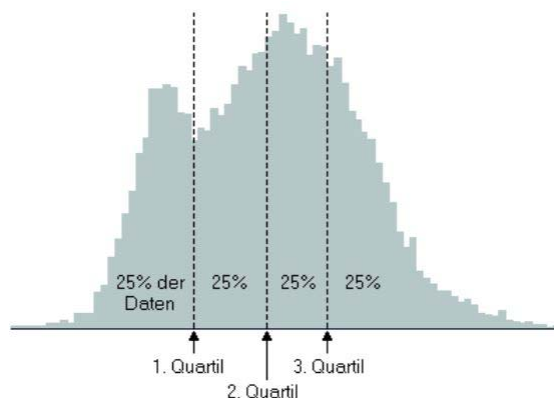


Abbildung 26: Quartil-Verteilung³⁵

³⁵ URL>http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_quartile.htm< [Stand: 27.08.2016]

- das *Quintil*, das die Menge in 5 umfangsgleiche Teile zerlegt
- das *Dezil*, welche die Menge in 10 umfangsgleiche Teile zerlegt (das 2. Dezil gibt somit an, welcher Wert die unteren 20% von den oberen 80% der Werte trennt)
- das *Perzentil* (lateinisch Hundertstelwert), welches die Gesamtmenge der Werte in 100 Prozentteile aufteilt und das
- *a-Fraktal* als Pendant zu Promille (1/1000).

In der Praxis finden es in u. a. „Pen’s Parade“³⁶ vom niederländischen Ökonomen Jan Pen Anwendung, sowie folgende Perzentile für die Körpergröße:

5. Perzentil: Repräsentiert das Körpermaß KLEIN:
Nur 5 % der betrachteten Bevölkerung liegen darunter
50. Perzentil: Repräsentiert das Körpermaß MITTEL:
50 % der Bevölkerung liegen darüber oder darunter
95. Perzentil: repräsentiert das Körpermaß GROSS:
Nur 5% der betrachteten Bevölkerung liegen darüber

³⁶ „The Height of Inequality“. Artikel in: *The Atlantic Monthly* abgerufen am 14.07.2016

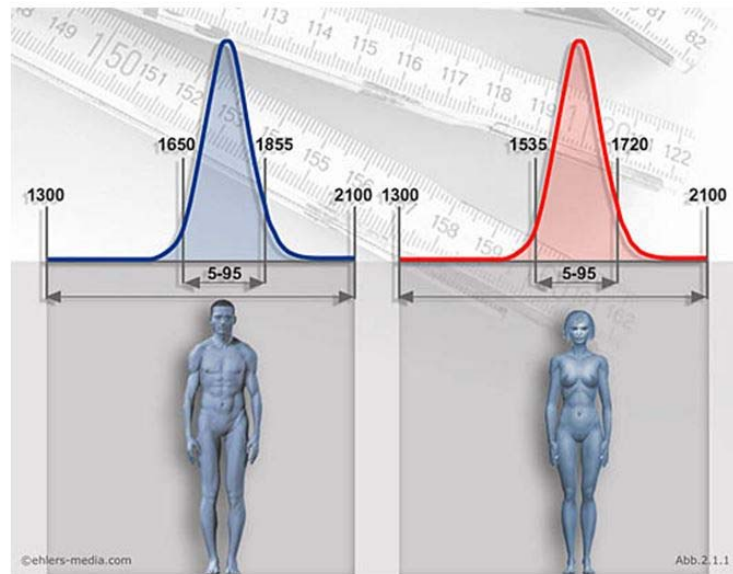


Abbildung 27: Körpergrößenverteilung Mann - Frau³⁷

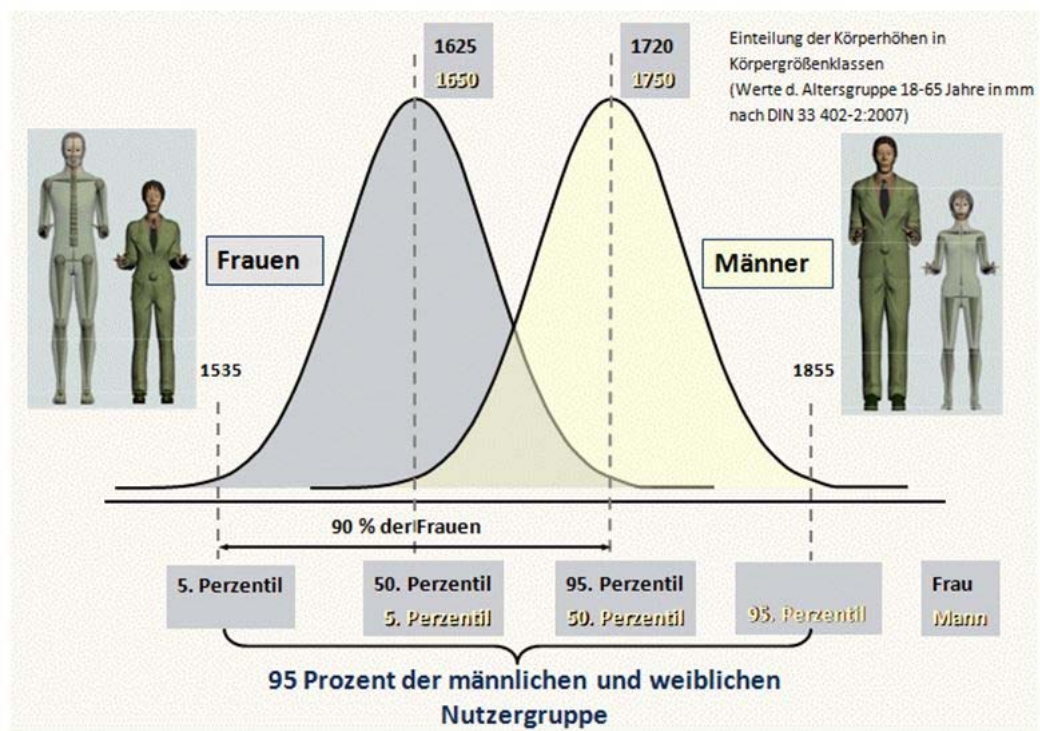


Abbildung 28: Anwendung Perzentile³⁸

³⁷ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

³⁸ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

Mit einer Aufteilung wie diese können 90% der (betrachteten) Bevölkerung erfasst werden. Dies hilft wesentlich bei der Beschreibung der Produktanforderungen, da dadurch nur 10% der Bevölkerung auf Sonderanfertigung angewiesen ist.

2.3.6 Ergonomische Prüfverfahren

Auch bei der Arbeitsplatzgestaltung sind die besonderen Ansprüche aus der Ergonomie zu berücksichtigen, so muß grundsätzlich darauf geachtet werden, ob es sich um eine sitzende oder stehende Tätigkeit handelt, sowie ob dabei leichte oder schwere körperliche Arbeit verrichtet werden muß.

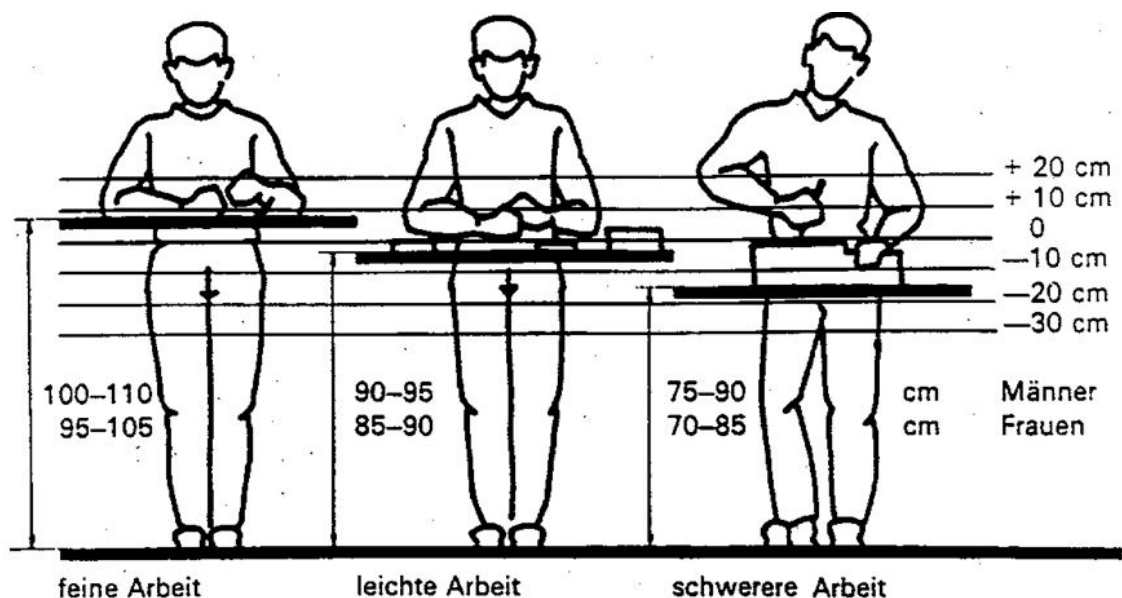


Abbildung 29: ergonomische Einteilung stehender Arbeit³⁹

Zusätzlich sollen ergonomische Prüfverfahren als Entscheidungshilfen zur Lösung und Beurteilung von technischen Geräten oder Arbeitsaufgaben dienen. Das eigentliche Gestaltungsziel einer technischen Komponente zielt vorrangig auf Funktionserfüllung, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit ab. Diese Ziele werden in einem Mensch-Maschine-System um eine weitere nichttechnische Di-

³⁹ Lindner, Hartmut: Skript „Anthropometrie“, 2015

mension erweitert, nämlich der menschliche Beitrag durch Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten. Die Berücksichtigung dieser Dimension kann zu einer Erhöhung der Herstellungskosten führen und damit zu einer Verringerung der Wirtschaftlichkeit. Werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aber nicht nur die Entstehungskosten, sondern auch durch verbesserte Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse eine verbesserte Systemwirksamkeit erreicht, kann sich eine erhöhte einmalige Investition über die Systemlebensdauer durchaus rechnen. Zugleich liefern solche Anpassungen und Investitionen einen wesentlichen Beitrag zu Arbeitssicherheit, Arbeitsgesundheit und Humanisierung der Arbeit.⁴⁰

Ein ergonomisches Prüfverfahren kann zwei unterschiedlichen Zielen dienen:

- Das primäre Ziel ist darin zu sehen, ein Werkzeug zu haben, um bei der Abnahme eines Gerätes, einer Einrichtung oder eines technischen Gesamtsystems überprüfen zu können, ob und wie gut ergonomische Vorgaben realisiert wurden. Eine solche Überprüfung über leistungs-, sicherheitstechnisch- oder arbeitsmedizinisch beeinflussende Umweltfaktoren muß auf Grund ihrer Breite an Anforderungen strukturiert und neutral erfolgen. Das Instrumentarium soll – in knapper Form – die wesentlichen Einzelanforderungen übersichtlich zusammenfassen und trotzdem über eine Merkmalsvielfalt verfügen, die erlaubt, auch die Komponenten eines komplexen technischen Systems möglichst lückenlos zu erfassen.

Die Zusammenfassung von Kontrollfaktoren soll prüfbare Forderungen und deren Grenzwerte enthalten, wobei darauf zu achten ist, daß diese gesetzlichen Vorgaben und Verordnungen, Vorschriften aus Normen und Regelwerken enthalten, soweit diese nicht anerkannten ergonomischen Erkenntnissen widersprechen.

⁴⁰ Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben, München, 1989

Das ergonomische Prüfverfahren beschränkt sich auf die technischen Randbedingungen des Mensch-Maschine-Systems und stellt kein adäquates System zur allgemeinen Bewertung der menschlichen Arbeit dar.

- Als weiteres Ziel des Prüfverfahrens kann die Konfrontation des Konstrukteurs oder Arbeitsplatzplaners in der Planungs- und Entwurfsphase mit den wichtigsten ergonomischen Forderungen gesehen werden. Nicht erfüllte Forderungen, die erst bei der Abnahme erkannt werden, beeinträchtigen in der Regel das Vertrauensverhältnis zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer bzw. Hersteller und Konsument. Zudem sind Nachrüstarbeiten um ein vielfaches aufwändiger und teurer oder können bisweilen nur schwer getätigt werden und sind zu vermeiden.

Bei den Prüfverfahren muß im Vorfeld bestimmt werden, ob mit einer der meisten vorliegenden Prüflisten, welche sich an Checklisten orientieren, wie sie in zahlreichen technischen Gebieten zu finden sind, das Auslangen findet. Diese Prüflisten sind oft auf Fragen aufgebaut, wie „Sind die Pendeltüren durchsehbar?“ oder „Ermöglicht die Konstruktion ausreichend Bein- und Oberschenkelfreiheit?“. Checklisten bzw. Fragenkataloge wie diese helfen dem Konstrukteur grundlegende ergonomische Punkte in maßlicher Gestaltung zu berücksichtigen, sie helfen aber nicht wenn es um dynamische Prozesse geht: „Reichen die Muskelkräfte einer Person, um den Zentralverschluss einer Brandschutztüre zu öffnen?“. Der Prüfer könnte dies zwar während des Prüf- oder Abnahmevorganges durch eigenes Probieren zu einem positiven Ergebnis kommen, ob eine Frau oder eine kleinere Person ebenso schafft die Türe zu öffnen oder zu schliessen kann dann nur vermutet werden.

In diesem Fall wären Messungen zu den erforderlichen Öffnungs- und Schliesskräften an der Schutztüre, sowie Daten über die maximalen isometrischen Stellkräfte (je nach Sicherheitskriterium z. B. des 1. oder 5. Perzentils) der Nutzer notwendig.

Ein ergonomisches Prüfverfahren welches Soll-Vorgaben beinhaltet ist jenes von Heinz Schmidtke in „*Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben*“ beschriebene Verfahren.

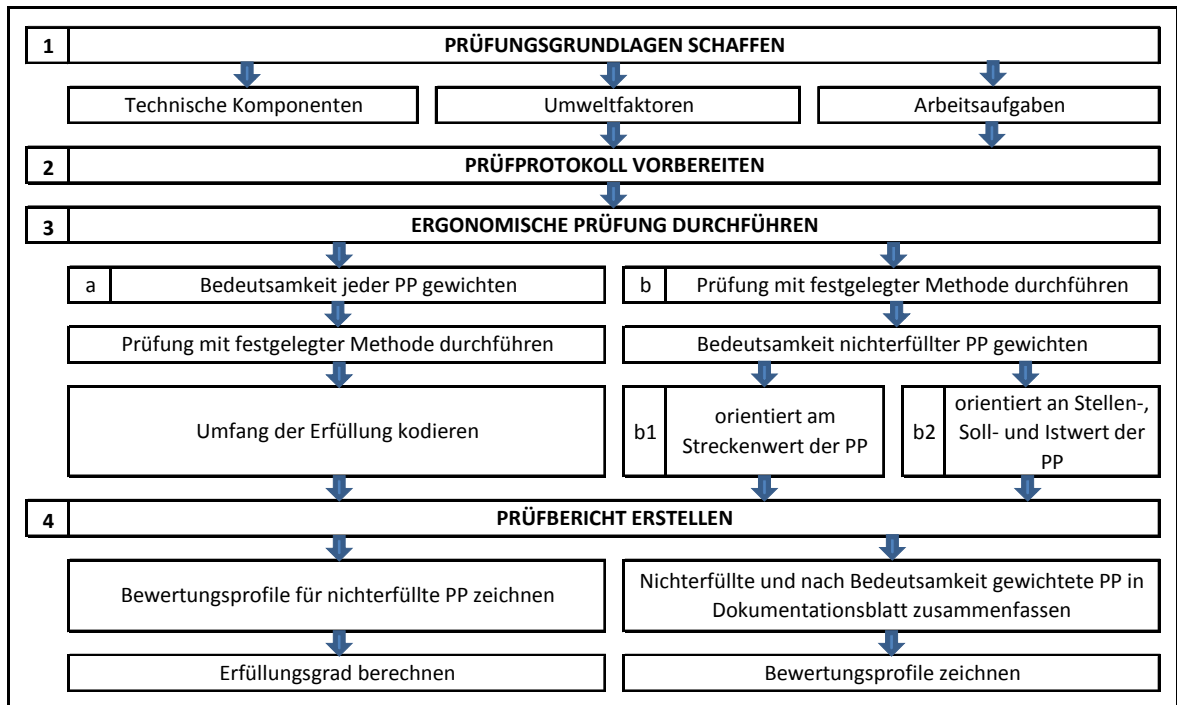


Abbildung 30: Ablaufschema für ergonomische Prüfung⁴¹

⁴¹Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, München (1989)

3 Fassadenelement „smarterm A9“ - praktische Anwendung

3.1 Aufgabenstellung

Im Zuge einer Entwicklungsoffensive bei Drexel und Weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH (im weiteren DuW genannt) bei der unter anderem eine für DuW völlig neuartige Luft-Wasser-Wärmepumpe entwickelt wurde, musste auch an ein Außenelement zur Ansaugung und Ausblasung der Luft für die Wärmepumpe gedacht werden.

Die bis dahin hergestellten Wärmepumpen für Passiv-, Niedrigenergie- oder Energiesparhäuser beruhten auf Solebasis, d. h. das frostsichere Medium zur Wärmegewinnung wurde horizontal (durch unterirdisch verlegte Rohrschleifen) oder vertikal (über Schleifen in Tiefenbohrungen, welche bis zu 180 m tief sein konnten) in einem geschlossenen Kreis gepumpt und die aus der Erde an das Medium übertragene Energie für den Wärmepumpenprozess verwendet.

Beim Kreisprozess der Wärmepumpe wird das (dampfförmige) Kältemittel bei niedriger Temperatur durch Wärmezufuhr verdampft und der Dampf dabei verdichtet. Dem Dampf wird dann bei höherer Temperatur und höherem Druck die Wärme entzogen, dabei sinken Druck und Temperatur des Kältemittels, das Kältemittel verflüssigt sich.

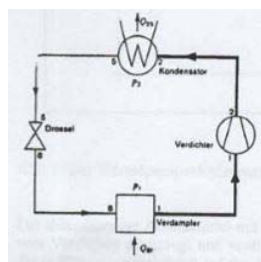


Abbildung 31: Schematischer Wärmepumpenprozess⁴²

⁴² Klisa, Ulrich: Technik – Energieumsatz in technischen Systemen, Die Wärmepumpe, Technik-Unterricht: Forum e.V., Duisburg (1995)

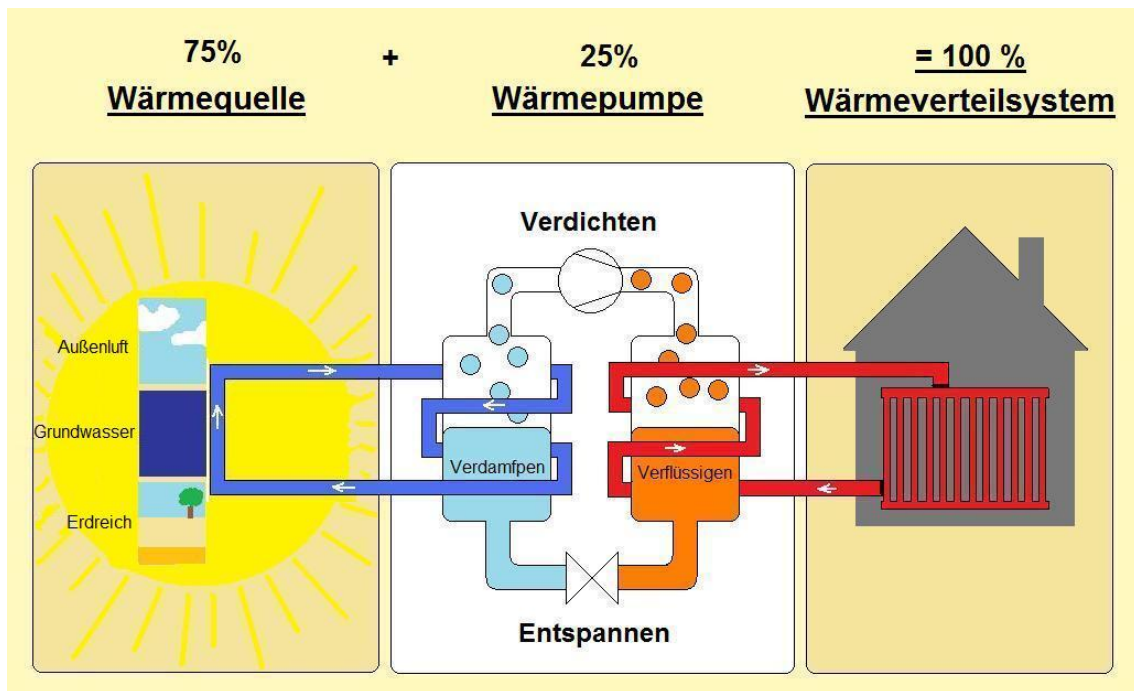


Abbildung 32: Funktionsweise Wärmepumpe⁴³

Drexel und Weiss produziert ausschließlich in Österreich und hat sich als qualitativ höchstwertiger und hochpreisiger Anbieter von Kompaktgeräten für die Lüftung und Heizung über Wärmepumpentechnologie einen Namen in der Branche geschaffen und Anerkennung von den großen Mitbewerbern erlangt.

Die meisten Mitbewerber setzen auf Grund von Lärmbestimmungen auf gesplittete Anlagen, d. h. Luftansaugung und Verdampfung erfolgen im Freien, der weitere Wärmepumpenprozess dagegen im Gebäude. Das spart Platz im immer kleiner werdenden Technikraum und der Lärm wird nach außen verlagert. Allerdings ist das Hygieneproblem bei den Verbindungen von Außen- nach Innengerät und umgekehrt nicht außer Acht zu lassen, obwohl dies vielfach unterschätzt und damit vernachlässigt wird.

Ein weiteres Problem, welches eine zunehmende Rolle spielt, sind die immer kleiner werdenden Grundstücke und die weiter sinkenden Lärmschutz- und Bauverordnungen, welche nicht mehr tolerieren, das Außengerät an „Nachbars

⁴³URL:><http://www.waermepumpenfuchs.de/images/funktionsprinzipwaermepumpe.jpg>< [Stand: 24.09.2016]

Grenze“ zu stellen. Damit wandern die Splitgeräte immer weiter an die eigene Hauswand und der Lärm wird wieder reimportiert.

In der Konzeptphase wurden über Nutzwert- und SWOT-Analysen die Eckpunkte der Neuentwicklung definiert. Es stellte sich heraus, dass die meisten Hausbauer zwar sehr begeistert von einer Luft-Wärmepumpenlösung waren, im Nachhinein von einer Splitlösung aber enttäuscht wurden, da sie einen zusätzlichen Fremdkörper im eigenen Garten kaschieren mussten. Attraktive Lösungen von den Heizungsbauern für das „Verschwindenlassen“ des Außengerätes waren zudem Mangelware. So wurden diese bis zu 1,2 x 1 m großen Blöcke hinter Sträuchern oder Hecken versteckt. Auch die Architekten hatten meist nur Notlösungen und Ratschläge parat.

Im Technikraum, den die wenigsten Besucher eines Ein- oder Zweifamilienhauses zu sehen bekommen, stand ein adrettes strahlendes Kompaktgerät, vielfach mit integriertem Warmwasserspeicher, im gut sichtbaren Garten musste aber ein hässlicher Kubus geduldet werden.



Abbildung 33: Außengerät eines Mitbewerbers⁴⁴



Abbildung 34: Außengerät eines weiteren Mitbewerbers

⁴⁴ URL:><http://www.maurer-haustechnik.de/wp-content/uploads/2010/12/Viessman-Aussengerat.jpg><
[Stand: 18.09.2016]

Dazu kam, dass der Lärm nun doch wieder in unmittelbarer Nähe erzeugt wurde, weil die Geräte auf Grund angepasster Richtlinien und Verordnungen immer leiser werden mussten, was viele nicht einhalten konnten.

„An der Grundstücksgrenze zu Bauland-Wohngebiet Lärmrichtwerte für Luftwärmepumpen können entsprechend der Flächennutzung aus den Planungsrichtwerten der ÖNORM S 5021:2010 ermittelt werden. Zum Beispiel ist für Flächenwidmungskategorie 2 (darunter fällt z. B. ländliches Wohngebiet) an der Grundstücksgrenze zur Nachtzeit, ein A-bewerteter Schalldruckpegel für Dauergeräusche von maximal 30 Dezibel (dB) bestimmt. Diese Geräuschsituationen sind auch in städtischen Bereichen zu finden. Als Zielwert für die Grundstücksgrenze zu Bauland-Wohngebiet ist daher 30 dB für die Nachtzeit anzustreben. Auch hier gilt, dass nur durch Messungen der tatsächlichen Geräuschsituation höhere Werte zu rechtfertigen sind.[...] Nachstehende Tabelle zeigt Mindestabstände zwischen der Luftwärmepumpe (LWP) und dem Nachbarwohnhaus (Zielwert: 25 dB im Außenbereich).“⁴⁵

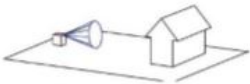

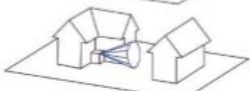
Standort:		Empfohlene Mindestabstände zwischen der LWP und dem Nachbarwohnhaus: (ohne schallmindernde Maßnahmen: siehe Punkte 3.3 und 3.4)			
A		SCHALLLEISTUNGSPEGEL der Luftwärmepumpe $L_{w,A}$ [dB]	S t a n d o r t (Abbildungen links)		
			A	B	C
B		$L_{w,A}$ [dB]	A b s t ä n d e i n M e t e r		
			A	B	C
C		$L_{w,A}$ [dB]	A b s t ä n d e i n M e t e r		
			A	B	C
		50	7	10	14
		55	13	18	24
		60	22	28	35
		65	32	41	54
		70	49	66	88
		Berechnungsparameter: ISO 9613-2, G=0,6, EH: 1,5 m, IH: 2 m, freie Schallausbreitung, Mitwind, Zielwert: 25 dB am Immissionsort			

Abbildung 35: Abstand zu betroffenen Nachbarn – gesetzliche Vorgabe⁴⁶

⁴⁵URL:>http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum_schall/downloads/Informationsblatt_Luftwaermepumpen_2013.pdf< [Stand: 18.09.2016]

⁴⁶URL:>http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum_schall/downloads/Informationsblatt_Luftwaermepumpen_2013.pdf< [Stand: 18.09.2016]

Nachdem DuW bereits die Entwicklung eines Kompaktgerätes für die Innenaufstellung mit überlegener Technik und leisestem Arbeitsgeräusch im ganzen Marktsegment gelang, war es an der Zeit, erstmals in der Geschichte von DuW ein Designbüro für Industriedesign mit dem Entwurf eines Fassadenelementes zu betrauen.

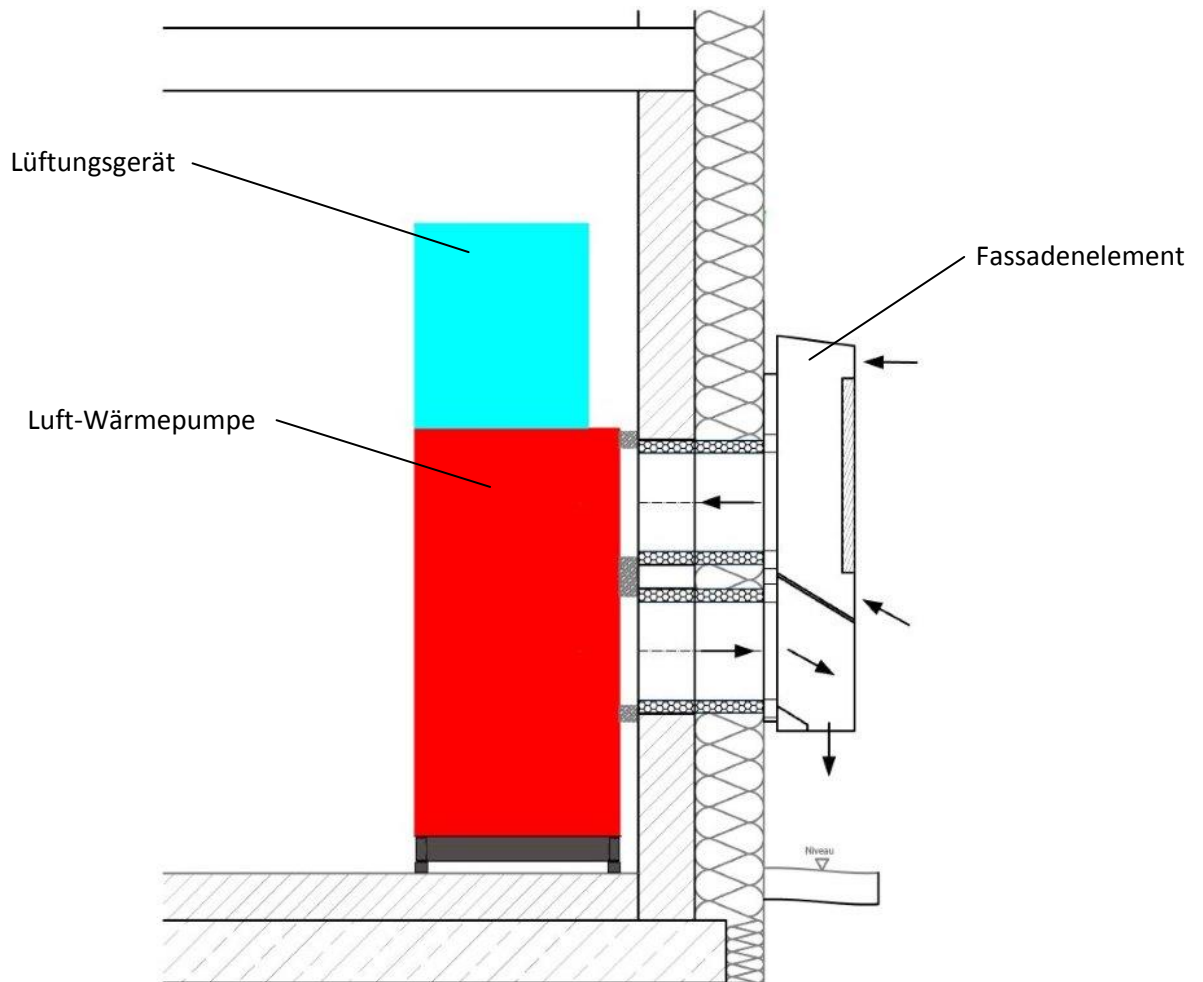


Abbildung 36: Einbaubeispiel Wärmepumpe mit Fassadenelement⁴⁷

Während der Konstrukteur sich meist von der technischen und funktionellen Seite an die Lösung eines Problemes nähert, geschah dies durch das Designbüro in veränderter Weise:

⁴⁷drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH, Wolfurt (2016)

Die Vorgangsweise des Konstrukteurs wäre üblicherweise folgende

- Definition der funktionalen Grenzen und Anforderungen
- Ausloten von ähnlichen eigenen und fremden Konstruktionen
- Anpassen einer vorhandenen Konstruktion unter Einbeziehung der neuen Anforderungen in funktionaler und maßlicher Hinsicht
- Überprüfung und Anpassung der neuen Konstruktion auf bestehende Fertigungsmöglichkeiten

Als Vorteil wäre hier anzuführen, dass diese Vorgangsweise vielfach der schnellste Weg zu einer neuen Konstruktion ist, allerdings ist zu prüfen, ob dadurch nicht neue Risiken entstehen können – es sollte also eine Risikoanalyse an Hand einer SWOT-Analyse durchgeführt werden.

3.2 Bewertung von Chancen und Risiken

Bei einer SWOT-Analyse werden Chancen und Risiken die das Projekt birgt erfasst und betrachtet⁴⁸. SWOT steht dabei für **S**trengths (Stärken), **W**eaknesses (Schwächen), **O**pportunities (Chancen) und **T**hreats (Risiken). Bei mehreren stark voneinander abweichenden Lösungsansätzen für ein Neuprodukt sollte für jede einzelne Variante eine SWOT-Analyse durchgeführt werden, da die gewonnenen Stärken/Schwächen/Chancen/Risiken ebenfalls stark variieren können.

Das Unternehmen selbst lernt dabei die Umgebung auf Chancen und Gefahren zu analysieren und sich der eigenen Stärken und Schwächen bewusst zu werden. Diese helfen dem Unternehmen zur Positionsbestimmung und zur weiteren Strategieentwicklung.

⁴⁸ Bertheau, Nikolas: Die besten Checklisten für Manager: L-Z, Frankfurt (2005)

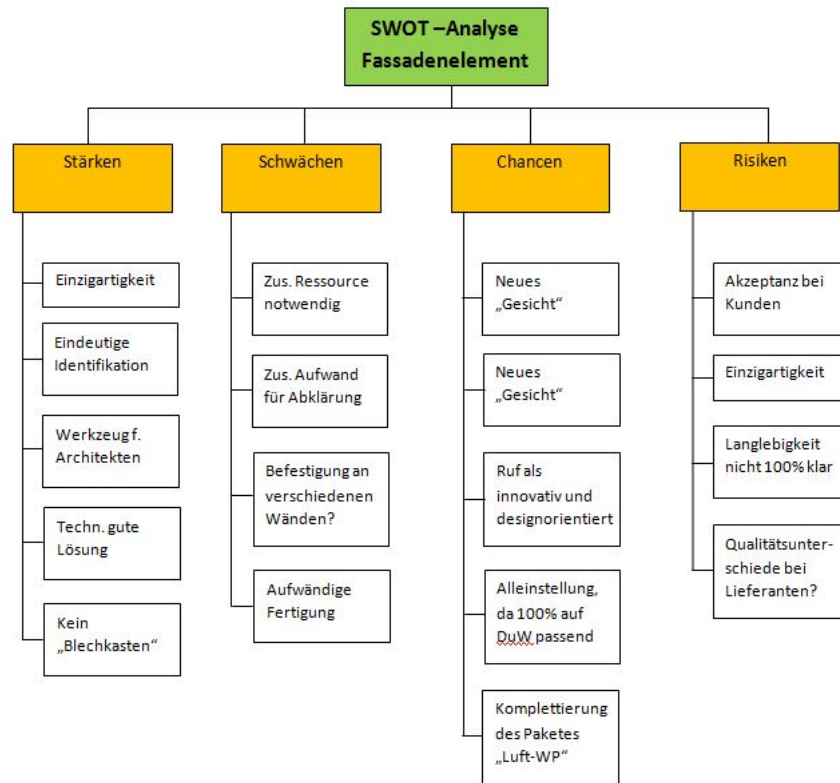


Abbildung 37: SWOT-Analyse (eigene Darstellung)

Diese Unterlagen dienen des Weiteren zu einem detaillierten Terminplan, einem äußerst wichtigen Werkzeug, um mögliche Verzögerungen in Lieferung oder Ausführung frühzeitig erkennen zu können und darauf zu reagieren.

Als Nachteil dieser Vorgehensweise wäre aber anzuführen, dass das Innovationspotential sehr gering sein wird, da auf Bestehendem aufgebaut wird und kaum Neuerungen Einfluss finden. Es geht vielmehr um eine Risikominimierung, denn einer Chancennutzung.

3.3 Die Arbeit des Industriedesigners

Etwas differenzierter ist die Vorgehensweise des Industriedesigners:

- Definition der funktionalen Grenzen und Anforderungen
- Ausloten von am Markt befindlichen Produkten
- Ideenfindung im Designteam mit unterschiedlichen Zugängen - dadurch enormes Potential zur Abhebung von der Konkurrenz
- Ausarbeiten von zumeist 3 Grundideen zum Feststellen der gewünschten „Designlinie“ des Kunden. Die gewünschte Richtung wird über eine Nutzwertanalyse durch den Kunden bestimmt.
- Detailvertiefung der gewünschten Designrichtung mit zusätzlichen Vorschlägen zur weiteren Klärung der passenden Ausführung unter Einbeziehung der Fertigungsmöglichkeiten
- Überprüfung und Anpassung der neuen Konstruktion auf bestehende Fertigungsmöglichkeiten

Eine *Nutzwertanalyse* wird durchgeführt, um eine quantitative Bewertung von verschiedenen Lösungsmöglichkeiten vornehmen zu können⁴⁹. Es ist vor allem hilfreich, wenn es sich um schwer vergleichbare Konzepte handelt, da die Alternativen in Zahlen gefasst und bewertet werden. Entstanden ist diese Idee der Betrachtungsweise bereits Ende der 40er Jahre des vorigen Jahrhunderts bei General Electric. Dabei werden neben Kundenanforderungen an das Produkt auch die gesamten Produktionskosten der jeweiligen Konstruktion gegenübergestellt. Danach wird ein Soll-Ist-Vergleich der Funktionserfüllungen durchgeführt, um so Verbesserungspotentiale der einzelnen Designs

⁴⁹ Zangemeister Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, Berlin (2014)

aufzudecken und zu bewerten. Daraus werden mit kreativen Methoden Ideen und Verbesserungsvorschläge erarbeitet, neue Konzepte ausgearbeitet und diese neu bewertet.

Mögliche Ziele einer Nutzwertanalyse können sein:

- ❖ Auswahl der Designrichtung
- ❖ Herstellungskosten zu senken
- ❖ Qualität zu verbessern
- ❖ Produkt zu vereinfachen
- ❖ Produktionsschritte zu vereinfachen
- ❖ die Effizienz ganz allgemein zu steigern (von Mensch und Material)

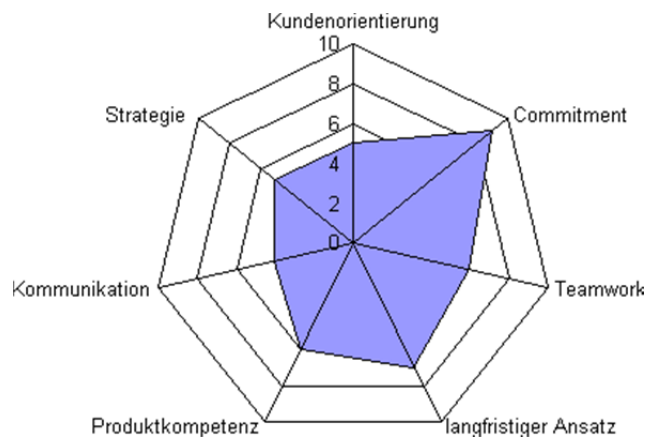


Abbildung 38: Nutzwertanalyse (eigene Darstellung)

Zuerst werden die funktionalen Anforderungen und Grenzen definiert, anschließend die optischen Möglichkeiten – in diesem Fall die benötigten Luftquerschnitte, um eine ausreichend geringe Luftströmung zu erhalten.

Mit diesen technischen Vorgaben geht der Industriedesigner in die Klausur und erarbeitet einige Grundmodelle, welche zu einem gewissen Ausarbeitungsgrad führen:

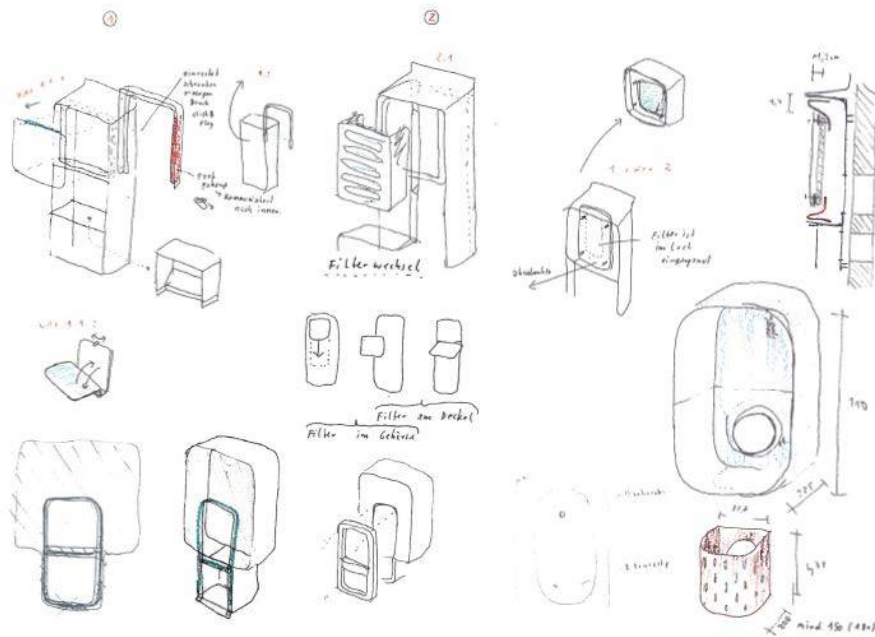
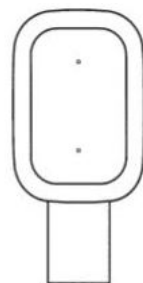
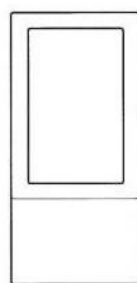


Abbildung 39: Erste Entwurfsskizzen zum Fassadenelement⁵⁰

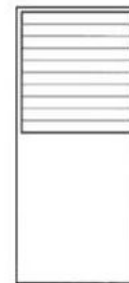
Nach dieser ersten Ausscheidungsphase werden intern Vorschläge für die optische Richtung ausgearbeitet.



Variante A



Variante B



Variante C

Abbildung 40: Ausarbeitung von drei Hauptvarianten⁵¹

⁵⁰ Breier, Stephan: Designbüro Element Design, Wien (2016)

⁵¹ Breier, Stephan: Designbüro Element Design, Wien (2016)

Zur Bestimmung der weiteren Richtung findet eine Nutzwertanalyse Anwendung:

Kriterium	Gewichtung	Lösung A (modern)		Lösung B (halbmodern)		Lösung C (klassisch)	
		Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt
Erfüllung der Anforderungen	20%	1	0,2	1	0,2	1	0,2
Kundenakzeptanz	20%	3	0,6	1	0,2	2	0,4
Kosten	15%	3	0,45	2	0,3	1	0,15
Produzierbarkeit	15%	3	0,45	2	0,3	1	0,15
Einzigartigkeit (USP)	15%	1	0,15	2	0,3	4	0,6
Risiko der Umsetzung	10%	3	0,3	2	0,2	2	0,2
Nachhaltigkeit (Recycling)	5%	2	0,1	2	0,1	2	0,1
Gesamt	100%		2,25		1,6		1,8

Legende:

Bewertung mit Schulnoten 1 (sehr gut) - 5 (nicht genügend)

Abbildung 41: Nutzwertanalyse zu den drei Hauptvarianten

Auf Basis dieser Analyse wurde die Hauptvariante B – halbmodern gewählt und weiter verfolgt.

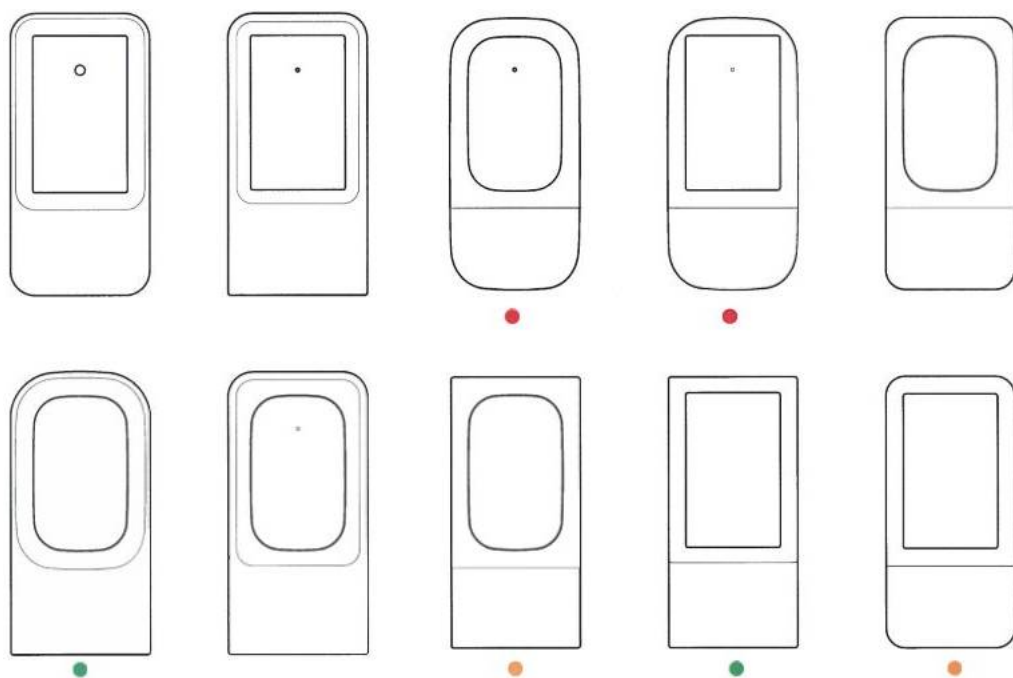


Abbildung 42: weitere Ausarbeitung der gewählten Hauptvariante⁵²

⁵² Breier, Stephan: Designbüro Element Design, Wien (2016)

Anschließend wird noch an Details gefeilt: mit oder ohne Absatz, runde oder kantige Ecken an Gehäuse und/oder Blende. In dieser Phase gibt es einen engen Kontakt zwischen Industriedesigner, Konstrukteuren und Blechfertiger, da zu diesem Zeitpunkt die späteren Fertigungskosten erheblich variieren können, je nach Wünschen des Designers und Möglichkeiten des Produzenten.

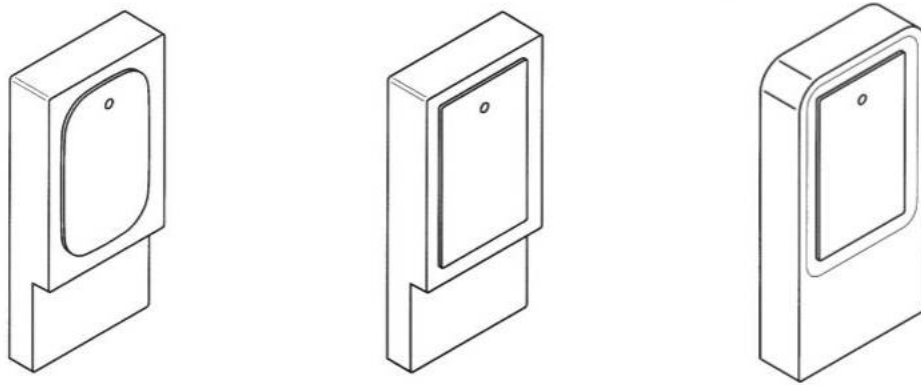


Abbildung 43: Beschäftigung mit Detailfragen der halbmodernen Variante⁵³



Abbildung 44: Ansichtsbeispiel montiertes Fassadenelement⁵⁴

⁵³ Breier, Stephan: Designbüro Element Design, Wien (2016)

So kann eine Ausführung gefunden werden, welche nahe an die Vorstellungen des Designers kommt und dennoch wirtschaftlich verträglich ist.

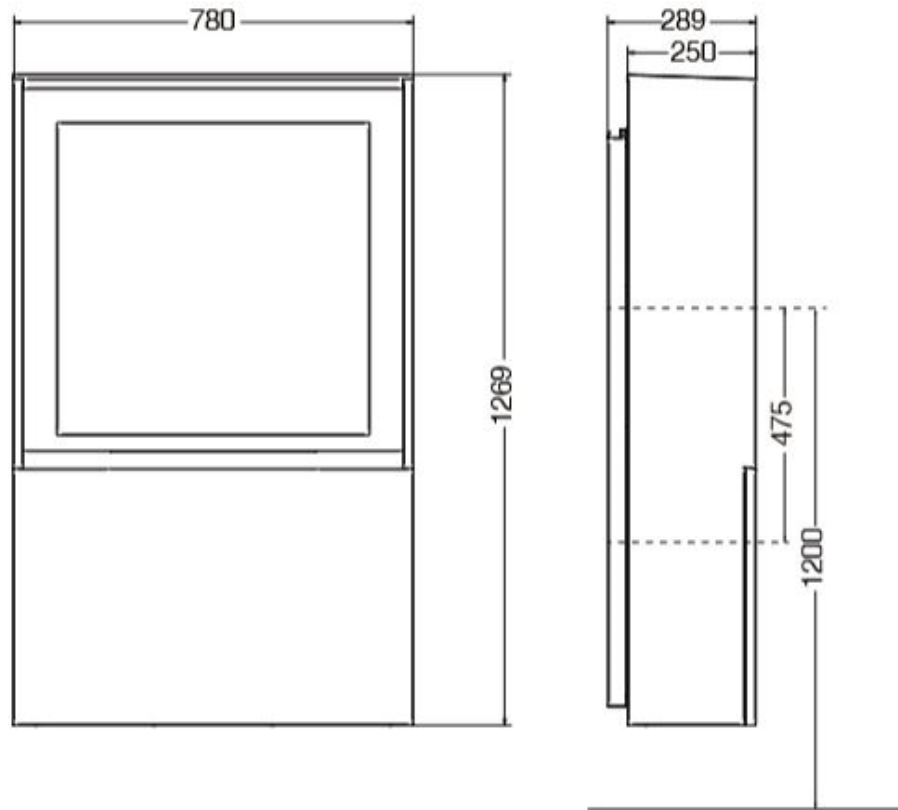


Abbildung 45::Hauptabmessungen des Entwurfes⁵⁵

⁵⁴ Breier, Stephan: Designbüro Element Design, Wien (2016)

⁵⁵ drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH, Wolfurt (2016)

Im ausgearbeiteten Entwurf finden sich der Goldene Schnitt und das Goldene Rechteck mehrfach wieder:

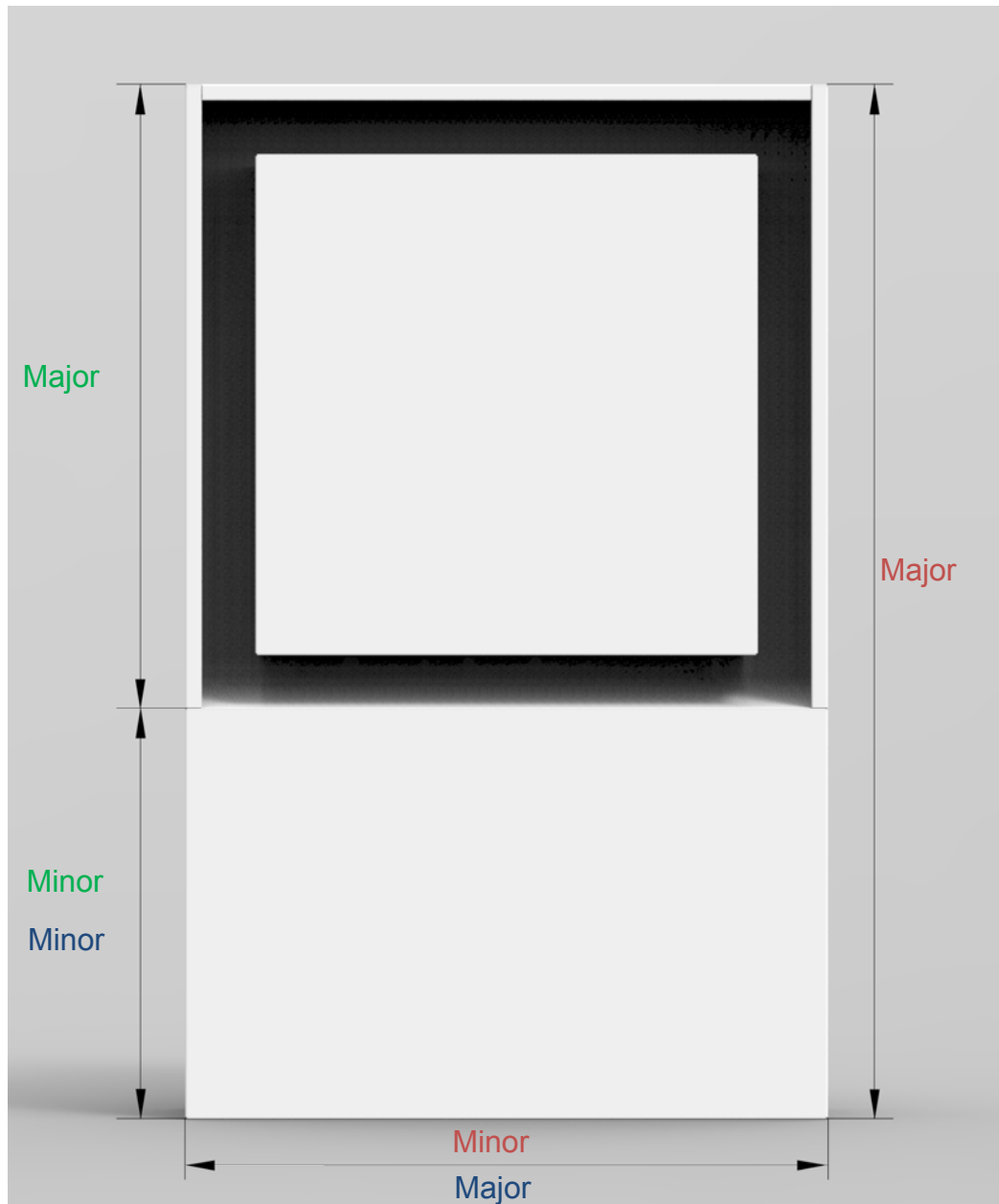


Abbildung 46: Fassadenelement und Goldener Schnitt (eigene Darstellung)

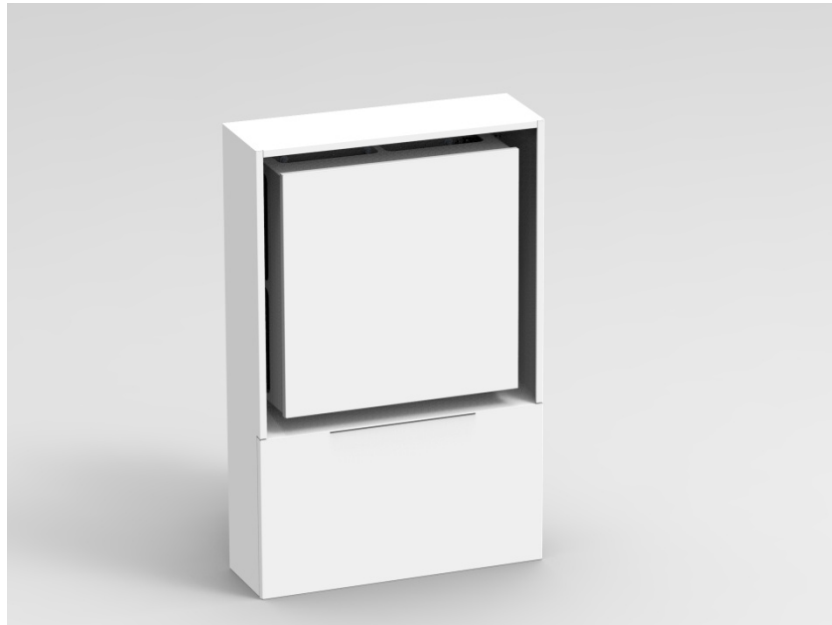


Abbildung 47: 3D Ansicht der umgesetzten Variante⁵⁶

Da vom Produktmanagement entschieden wurde, dass das Fassadenelement in zwei Grundfarben angeboten wird, aber bei Bedarf in jedem verfügbaren RAL-Ton gegen Aufpreis hergestellt werden kann, hat der Architekt die Möglichkeit, mit der Farbgebung des Fassadenelementes Akzente zu setzen



Abbildung 48: Fassadenelement am Gebäude (akzentuiert)⁵⁷

⁵⁶ drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH, Wolfurt (2016)

oder das Fassadenelement recht unscheinbar wirken und nahezu verschwinden zu lassen.



Abbildung 49: Fassadenelement am Gebäude (eingebunden)⁵⁸

3.4 Ergonomische Prüfung

Grundlage für die ergonomische Prüfung sind Prüfmerkmalsblätter, in denen verschiedene Prüfpositionen aufgelistet sind. Diese werden je nach Gegenstand qualitativ beschreibend oder maßlich erfasst und einem Soll-Zustand gegenübergestellt, dabei ist die anzuwendende Prüfmethode hinterlegt. Im Prüfmerkmalsblatt wird ebenfalls eine Gewichtung der Prüfpositionen vorgenommen.

Die Bedeutsamkeitsgewichtung wurde in beschriebenem Beispiel nach Heinz Schmidtke „Ergonomische Prüfung“ vorgenommen.

⁵⁷ drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH, Wolfurt (2016)

⁵⁸ drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH, Wolfurt (2016)

Bedeutungs- samkeits- gewicht (G ₁)	Beschreibung der Bedeutsamkeitsstufe nichterfüllter Forderungen für		
	technische Komponenten	Umweltfaktoren	Arbeitsaufgaben
1	für Funktionen und Nutzer von untergeordneter Bedeutung	Der Mangel hat zwar Komfort-, jedoch keine Leistungs- oder Gesundheitsbeeinträchtigung zur Folge	Für die Wirksamkeit und Sicherheit des Systems von untergeordneter Bedeutung
2	kann in bestimmten Situationen negative Rückwirkungen auf Wirksamkeit oder Genauigkeit der Nutzung haben	Der Mangel hat deutliche Komfort- und Leistungsbeeinträchtigung zur Folge; Rückwirkungen auf die Gesundheit sind nicht zu erwarten	Der Mangel hat grundsätzliche Rückwirkungen auf Wirksamkeit und Sicherheit; er kann jedoch in der Regel durch ausgelesenes, gut ausgebildetes Personal kompensiert werden
3	Negative Rückwirkungen auf Wirksamkeit, menschliche Leistungsentfaltung oder notwendige Ausbildungszeit sind im regelfall zu erwarten	Der Mangel hat schwerste Komfort-, erhebliche Leistungs- und ggf. leichte Gesundheitsbeeinträchtigungen zur Folge	Es sind negative Rückwirkungen auf Funktionsbereitschaft und Betriebssicherheit zu erwarten. Zur Kompensation des technisch-organisatorischen Mangels sind hohe Anforderungen an Personalauslese und Ausbildungszeit zu stellen
4	Die Funktionsbereitschaft und Betriebssicherheit und/oder normale menschliche Leistungsentfaltung sind gefährdet. Die Nichterfüllung hat gravierende Konsequenzen hinsichtlich Personalauslese und Ausbildungszeit	Der Mangel bewirkt neben schwersten Komfort- und Leistungsbeeinträchtigungen erhebliche Gesundheitsgefahren	Funktionsbereitschaft, Betriebssicherheit und Wirksamkeit sind gefährdet. Eine Kompensation des technisch-organisatorischen Mangels durch Menschen ist nur in sehr engen Grenzen möglich
5	Es muß mit schwerwiegenden und gefährlichen Rückwirkungen für System und Mensch gerechnet werden, die weder durch Personalauslese noch Ausbildungsmaßnahmen zu kompensieren sind	Der Mangel bewirkt schwerste Komfort-, Leistungs- und Gesundheitsgefährdung	Funktionsbereitschaft, Betriebssicherheit und Wirksamkeit sind in höchstem Maße gefährdet. Eine Kompensation des technisch-organisatorischen Mangels durch Menschen ist nicht zu erwarten

Abbildung 50: Stufenschema für die Bedeutsamkeitsgewichtung⁵⁹

⁵⁹ Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, München (1989)

Nach dem Erarbeiten des Prüfmerkmalsblattes (in Anlage) werden die erzielten Ergebnisse mit der Bedeutsamkeitsgewichtung multipliziert und so das reale Bewertungsergebnis B_{real} errechnet und dem optimalen Bewertungsergebnis B_{opt} , welches die Erfüllung aller Prüfpositionen widerspiegelt, gegenübergestellt.

Prüfposition	Soll-Vorgabe	Ist-Feststellung	B_{opt}	G_i	B_{real}
Stell- und Manipulationskräfte für Aufbau	< 440 N	260 N	12	4	12
Transport auf Euro-Paletten	1200 x 800 mm	1290 x 800	6	2	0
Lärmemission	30 dBA	25 dBA	6	2	6
Blendung durch FE	keine Gefährdung	keine Gefährdung	3	1	1
Einleitung mechan. Schwingungen	keine Gefährdung	keine Gefährdung	9	3	9
Eisbildung	keine Gefährdung	keine Gefährdung	6	2	6
Gefahr für Tiere	keine Gefährdung	keine Gefährdung	15	5	15
Zugänglichkeit Fassadenelement (Größe Wartungsraum)	1900 x 600 x 700 mm	> Vorgaben	6	2	6
Zugänglichkeit Revisionsdeckel - Höhe		1200 mm	3	1	3
Zugänglichkeit Revisionsdeckel - Tiefe		200 mm	3	1	3
Filterwechsel - Zugänglichkeit Deckel greifen	≥ 60 mm	60 mm	9	3	9
Deckel halten - Zugänglichkeit Abstand x Breite	$\geq 220 \times 50$ mm	620 x 80 mm	6	2	6
Filterwechsel - Revisionsdeckel abheben	< 210 N	120 N	9	3	9
Ausziehen Revisionsdeckel	ohne Kippgefahr möglich	bedingt möglich	6	2	2
Möglichkeit zu Filtertausch	möglich	möglich	6	2	6
Filtertausch - Filter greifen	≥ 100 bis 400 mm	120 mm	6	2	6
Filtertausch - Revisionsdeckel aufsetzen	< 210 N	160 N	9	3	9
			120		108

Abbildung 51: Berechnung Erfüllungsfaktor

$$\text{Erfüllungsfaktor} = \frac{\text{reales Bewertungsergebnis}}{\text{optimales Bewertungsergebnis}} \times 100 =$$

$$EF = \frac{108}{120} \times 100 = 90 \%$$

3.5 Wirtschaftliche Betrachtung

Wichtige Kennzahlen stellen dabei die Produktwirtschaftlichkeit und die Umsatzrentabilität dar.

Die Herstellkosten für ein Fassadenelement betragen 692,50 €, der Verkaufspreis nach Liste liegt bei 1.262,- €. Allerdings müssen für OEM-Kunden hohe Rabatte bis 34 % abgezogen werden, damit liegt der Verkaufspreis nur mehr bei 833,- €.

Für die Produktwirtschaftlichkeit mit folgender Berechnung

$$\text{Produktwirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Kosten}}$$

ergibt sich

$$\text{Produktwirtschaftlichkeit} = \frac{833,00}{692,50} = 1,203$$

Auswertung:

Ist dieser Wert < 1 würde sich ein Verlust ergeben, da keine Wirtschaftlichkeit gegeben ist,

ist der Wert = 1, wird kostendeckend gearbeitet

ist der Wert > 1 wird gewinnbringend gearbeitet, es ergibt sich ein Gewinn.

Nachdem der Wert größer als 1 ist, ist eine Wirtschaftlichkeit gegeben, allerdings ist ein Wert von 1,2 nicht sonderlich hoch.

Für die Umsatzrentabilität nach der Formel

$$Umsatzrentabilität = \frac{Gewinn}{Umsatz} \times 100$$

ergibt sich

$$Umsatzrentabilität = \frac{140,50}{833,00} \times 100 = 16,87 \%$$

4 Schlussbetrachtung

Der abschließende Teil stellt eine Zusammenfassung der erarbeiteten Ergebnisse der Arbeit „Industriedesign und Ergonomie im Bereich des Lüftungs- und Heizungsbaus“ dar.

4.1 Ergebnis

Noch ist durch Umfragen zu wenig erfassbar, wie wichtig der Faktor eines designten Fassadenelementes ist, da erst heuer dieses Produkt eingeführt wurde und Vergleichszahlen fehlen. So kann nicht festgestellt werden, wie viele Zusatzverkäufe an Luft-Wärmepumpen oder Kompaktgeräten durch das Fassadenelement erzielt wurden.

Allerdings ist sehr wohl bekannt, dass es für ca. 80% der Kunden ein mitentscheidender Faktor war, sich für eine Wärmepumpe mit Fassadenelement von Drexel und Weiss zu entscheiden.

Die ergonomische Prüfung hat einen Erfüllungsfaktor von 90% ergeben, was an sich ein sehr guter Wert darstellt, allerdings ist einer der nichterreichten Prüfpositionen der Transport auf Euro-Paletten.

4.2 Maßnahmen

Eine Produktwirtschaftlichkeit von 1,20 und eine Umsatzrentabilität von 16,9 % sind nicht überwältigend und sollten im nächsten Jahr verbessert werden. Dies ist durchaus machbar, so können die Herstellkosten über größere Stückzahlen und eingespielte Handgriffe um mind. 5 % auf ca. 650,- € verringert werden, zusätzlich sollte aber der Verkaufspreis um ca. 100 € erhöht werden, so würden eine Produktwirtschaftlichkeit von $> 1,4$ und eine Umsatzrentabilität von ca. 28% erzielt.

Bei der ergonomischen Prüfung wurde festgestellt, dass in den vorhandenen Abmessungen des Fassadenelementes die Transportkosten über Speditionen überraschend hoch sind. Dies rührt davon, dass die Geräte nicht liegend und

stapelfähig auf einer Euro-Palette mit den Abmessungen 1200 x 800 mm transportiert werden können, sondern auf Einwegpaletten mit Sondermassen transportiert werden müssen. Die Speditionen lassen sich den Sonderbedarf an Platz gut bezahlen, dazu kommt, dass für jedes Fassadenelement jeweils neue Paletten hergestellt werden müssen.

Allerdings müssen bei einer Korrektur der Hauptabmessungen des Fassadenelementes die lufttechnischen Eigenschaften erneut überprüft werden.

4.3 Konsequenzen

Der Verkauf ist begeistert vom Verkaufserfolg und von der Akzeptanz des Fassadenelementes und fordert bereits weitere designte Fassadenelemente für Geräte bei Kelleraufstellung bzw. eine ähnliche Lösung für den Abschluss einer Neuentwicklung eines Schul-Lüftungsgerätes. Dabei soll die „Formensprache“ beibehalten werden. Über Anregung des Designers wird das Fassadenelement auch bei Designwettbewerben teilnehmen, um eventuelle Auszeichnungen werbewirksam verbreiten können. Ein Musterschutz geht leider nicht mehr, da dieser vor Zugänglichkeitsmachung der Öffentlichkeit beantragt werden müsste.

Die äußerst positiven Rückmeldungen von Kunden legt den Schluss nahe, dass Kunden durchaus gewillt sind für optisch und ergonomisch ansprechende Lösungen auch im Gerätebau bei Heizungen und Lüftungen etwas tiefer in die Tasche zu greifen.

Anlagen

Anlage 1

Prüfmerkmalsblatt für ergonomische Prüfung von technischen Komponenten

Anlage 2

Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten –
2.7.1 Öffnungs- und Verschlusskräfte an Türen und Luken

Anlage 3

Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten –
2.7.2 Manipulationskräfte an Arbeits- und Betriebsmitteln

Anlage 4

Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten –
2.8.3 Handgriffe an Geräten und Einschüben

Anlage 5

Schmidtke, Heinz: Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten –
2.10.1. Wartbarkeit

Literaturverzeichnis

Bertheau, Nikolas

Die besten Checklisten für Manager: L-Z... Vol. 12. Campus Verlag, 2005.

Breier, Stephan

Designbüro Element Design, Wien, 2016

Drexel und weiss energieeffiziente Haustechnik GmbH

Technischer Katalog EFH, 2016

Dosch, Hilmar

"Die Verantwortung des Kaufmanns bei Investitionen in die Moderne, Risikobehaftete Produktionstechnik." *Wettbewerbsvorteile durch Integration in Produktionsunternehmen*. Springer Berlin Heidelberg, 1988. 311-335.

Gebhardt, Hansjürgen; Schäfer, Andreas; Lang Karl-Heinz

Anthropometrische Daten in Normen: Bestandsaufnahme und Bedarfsanalyse unter besonderer Berücksichtigung des Arbeitsschutzes. Kommission Arbeitsschutz und Normung, 2009.

Klisa, Ulrich

Technik – Energieumsatz in technischen Systemen, Die Wärmepumpe, Technik-Unterricht: Forum e.V., Duisburg, 1995

Klöpffer, Walter; Grahl, Birgit

Ökobilanz (Ica): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. John Wiley & Sons, 2009.

Lindner, Hartmut

Skript für Fachhochschule Mittweida „Produktdesign“, 2015

Lindner, Hartmut

Skript für Fachhochschule Mittweida „Anthropometrie“, 2015

Romeike, Frank

"Risikoidentifikation und Risikokategorien." *Erfolgsfaktor Risiko-Management: Chance für Industrie und Handel* (2003): 165-182.

Schmidtke, Heinz:

Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben, Hanser Verlag München 1989

Schneider, Beat

Design-eine Einführung: Entwurf im sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Kontext. Walter de Gruyter, 2005.

Seeger, Hartmut

Design technischer Produkte, Programme und Systeme: Anforderungen, Lösungen und Bewertungen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1992

Steffen, Dagmar

"Design als Produktsprache." *Der 'Offenbacher Ansatz' in Theorie und Praxis.* Frankfurt am Main: Verlag form (2000).

Thaer, Clemens

Euclides: *Die elemente.* Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig KG, 1984.

Werder, Axel V.

"Ökonomische Grundfragen der Corporate Governance." *Hommelhoff, P., Hopt, KJ, Werder, A. v.(Hrsg.), Handbuch Corporate Governance—Leitung und Überwachung börsennotierter Unternehmen in der Rechts-und Wirtschaftspraxis, Stuttgart* (2003): 11.

Zangemeister Christof

Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. BoD—Books on Demand, 2014.

Internetquellen

Aeris GmbH

Ergonomisch.org - Ergonomie im täglichen Leben, Haar bei München

<<http://www.ergonomisch.org/ergonomie.html>> [Stand: 19.06.2016]

Werner, Anna

Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung, Brandenburg (2014),

<<http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Risikomanagement/Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung.html>> [Stand: 19.05.2015]

<<https://www.zitate.eu/author/dali-salvador/zitate/158163>> [Stand: 01.10.2016]

<<http://www.gymnasium-vogelsang.de/team2/team2/bilder/spiralen.jpg>> [Stand: 27.08.2016]

<<https://www.vismath.eu/images/gallery/upload/goldener-schnitt-goldenes-rechteck-muschel.jpg>> [Stand: 11.09.2016]

<<http://www.juevesfilosofico.com/wp-content/uploads/2012/01/IreneGoldenRatio.jpg>> [Stand: 11.09.2016]

<<http://www.ergonomisch.org>> [Stand: 19.06.2016 12:40]

Abbildung 1

Seeger, Hartmut

Design technischer Produkte, Programme und Systeme: Anforderungen, Lösungen und Bewertungen, S. 10, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1992

Abbildung 2 + 3

Werner, Anna

Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung, Brandenburg (2014),

<<http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Risikomanagement/Risikomanagement-Definition-und-Bedeutung.html>> [Stand: 19.05.2015]

Abbildung 4

<<http://www.mayer-ing.com/wp-content/uploads/2013/06/Risiko-Matrix.jpg>>
[Stand: 28.05.2015]

Abbildung 5

<<http://www.1-2-do.com/wissen/Farbwirkung>> [Stand: 07.09.2016]

Abbildung 6

<<http://www.dashoefer.de/images/onlibbiblio/H-Biblio-3-3-Abb4.jpg?wa=IPEMBI15>> [Stand: 30.05.2015]

Abbildung 7 + 8 + 9

Eigene Darstellung

Abbildung 10

<<http://www.gymnasium-vogelsang.de/team2/team2/bilder/spiralen.jpg>>
[Stand: 27.08.2016]

Abbildung 11 + 12

Eigene Darstellung

Abbildung 13 + 14

<<https://www.vismath.eu/images/gallery/upload/goldener-schnitt-goldenes-rechteck-muschel.jpg>> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 15 + 16

<<http://www.juevesfilosofico.com/wp-content/uploads/2012/01/IreneGoldenRatio.jpg>> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 17 +18

<<http://www.golden-section.eu/kapitel5.html>> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 19

<http://www.personalvitality.com/magazin2000/Artikel_HPL_KONTAKT_AUF_49_6_org.htm> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 20

<<http://www.goldener-schnitt.org/der-goldene-schnitt-in-der-architektur.jpg>>
[Stand: 11.09.2016]

Abbildung 21

<http://www.sabrinafischer.m2p.org/wordpress/wp-content/uploads/2009/11/goldener_schnitt.jpg> [Stand: 18.09.2016]

Abbildung 22

<<http://www.braundesign-kommunikation.de/arbeiten/automatenoptimierung/index.html>> [Stand: 01.10.2016]

Abbildung 23 + 24 + 25

Lindner, Hartmut

Skript „Anthropometrie“, 2015

Abbildung 26

<http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_quartile.htm> [Stand: 27.08.2016]

Abbildung 27 + 28 + 29

Lindner, Hartmut

Skript „Anthropometrie“, 2015

Abbildung 30

Schmidtke, Heinz

Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, München (1989)

Abbildung 31

Klisa, Ulrich

Technik – Energieumsatz in technischen Systemen, Die Wärmepumpe,
Technik-Unterricht: Forum e.V., Duisburg (1995)

Abbildung 32

<<http://www.waermepumpenfuchs.de/images/funktionsprinzipwaermepumpe.jpg>
> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 33

<<http://www.maurer-haustechnik.de/wp-content/uploads/2010/12/Viessman-Aussengeruet.jpg>> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 34

eigene Darstellung

Abbildung 35

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum_schall/downloads/Informationsblatt_Luftwaermepumpen_2013.pdf> [Stand: 11.09.2016]

Abbildung 36

Drexel und weiss, energieeffiziente Haustechnik GmbH (2016)

Abbildung 37 + 38

eigene Darstellung

Abbildung 39 + 40

Breier, Stephan

Designbüro Element Design, Wien (2016)

Abbildung 41

eigene Darstellung

Abbildung 42 + 43 + 44

Breier, Stephan

Designbüro Element Design, Wien (2016)

Abbildung 45

Drexel und weiss, energieeffiziente Haustechnik GmbH (2016)

Abbildung 46

eigene Darstellung

Abbildung 47 + 48 + 49

Drexel und weiss, energieeffiziente Haustechnik GmbH (2016)

Abbildung 50

Schmidtke, Heinz:

Ergonomische Prüfung von technischen Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben, Hanser Verlag München 1989

Abbildung 51

eigene Darstellung

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass die vorliegende Belegarbeit von mir selbst und ohne fremde Hilfe verfasst und geschrieben wurde und andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich entnommenen Stellen als Zitate gekennzeichnet wurden.

Prüfmerkmalsblatt für ergonomische Prüfung von Technischen Komponenten

Prüfobjekt: Fassadenelement smarterm A9 / x² A9

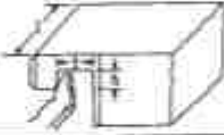
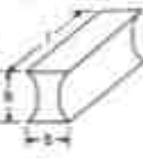
Komponente	Prüfmerkmal	Prüfposition	Prüfmethode	Soll-Vorgabe	Ist-Feststellung	Bedeutsamkeitsgewicht	Bemerkung
Technik	FASSADEN-ELEMENT	Stell- und Manipulationskräfte für Aufbau	Kraftmessung	< 440 N	260 N	4	2.7.2. 2b
		Transport auf Euro-Paletten	Längenmessung	1200 x 800 mm	1290 x 800	2	

Umwelt	FASSADEN-ELEMENT	Lärmemission	Schallimmissionsmessung	30 dBA	25 dBA	2	
		Blendung durch FE	Sichtprüfung	keine Gefährdung	keine Gefährdung	1	
		Einleitung mechan. Schwingungen	Sichtprüfung	keine Gefährdung	keine Gefährdung	3	
		Eisbildung	Sichtprüfung	keine Gefährdung	keine Gefährdung	2	
		Gefahr für Tiere	Sichtprüfung	keine Gefährdung	keine Gefährdung	5	

Arbeitsaufgaben	FASSADEN-ELEMENT	Zugänglichkeit Fassadenelement (Größe Wartungsraum)	Längenmessung	1900 x 600 x 700 mm	> Vorgaben	2	2.10.1. 1a
		Zugänglichkeit Revisionsdeckel - Höhe	Längenmessung		1200 mm	1	
		Zugänglichkeit Revisionsdeckel - Tiefe	Längenmessung		200 mm	1	
		Filterwechsel - Zugänglichkeit Deckel greifen	Längenmessung	>= 60 mm	60 mm	3	2.8.3. 2c
		Deckel halten - Zugänglichkeit Abstand x Breite	Längenmessung	>= 220 x 50 mm	620 x 80 mm	2	2.8.3. 2b
		Filterwechsel - Revisionsdeckel abheben	Kraftmessung	< 210 N	120 N	3	2.7.1. 4. (Frauen)
		Ausziehen Revisionsdeckel	Sichtprüfung	ohne Kippgefahr möglich	bedingt möglich	2	2.10.1 11
		Möglichkeit zu Filtertausch	Sichtprüfung	möglich	möglich	2	2.10.1 9
		Filtertausch - Filter greifen	Längenmessung	>=100 bis 400 mm	120 mm	2	2.10.1 17
		Filtertausch - Revisionsdeckel aufsetzen	Kraftmessung	< 210 N	160 N	3	2.7.1. 4. (Frauen)

[illegible]

Prüfmerkmal: MANIPULATIONSKRÄFTE AN ARBEITS- UND BETRIEBSMITTELN		2.7.2	
Prüfpositionen	Soll - Vorgabe		Prüfmethode
1. Gewichte von Arbeits- und Betriebsmitteln, die gelegentlich von einer Person einhändig zu heben sind	Männer (N)	Frauen (N)	Kraftmessung Längenmessung
a) Zugriffshöhe 500 mm	550	160*)	
b) Zugriffshöhe 1000 mm	340	150	
2. Gewichte von Arbeits- und Betriebsmitteln, die gelegentlich von einer Person beidhändig zu heben sind (Unterfassung)	Männer (N)	Frauen (N)	Kraftmessung/ Längenmessung
a) Zugriffshöhe 120 mm	400	180*)	
b) Zugriffshöhe 300 mm	440	200*)	
c) Zugriffshöhe 600 mm	480	190*)	
d) Zugriffshöhe 900/850 mm	490	220*)	
e) Zugriffshöhe 1200/1100 mm	300	150	
f) Zugriffshöhe 1500/1350 mm	230	110	
3. Gewichte von Arbeits- und Betriebsmitteln, die gelegentlich von einer Person beidhändig an Griffen oder mittels Eingriffen zu heben sind	Männer (N)	Frauen (N)	Kraftmessung/ Längenmessung
a) Zugriffshöhe 370 mm	560	240*)	
b) Zugriffshöhe 550 mm	600	320*)	
c) Zugriffshöhe 895 mm	630	300*)	
d) Zugriffshöhe 1155/1105 mm	400	200*)	
e) Zugriffshöhe 1455/1355 mm	200	100	
4. Gewichte von Arbeits- und Betriebsmitteln sowie Sicherungsanrichtungen, die für Nutzung aus einer Position unter Bodenniveau gelegentlich angehoben werden müssen	Männer (N)	Frauen (N)	Kraftmessung
	400	150	
*) Für Frauen sollten nach dem Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung die Lastgewichte 3 150 N sein.			
Querverweis: C-3.4.2			

Prüfmerkmal: HANDGRIFFE AN GERÄTEN UND EINSCHÜBEN		2.8.3
Prüfpositionen:	Soll - Vorgabe	Prüfmethode
1. Zahl der Griffe bei Geräten und tragbaren Einschüben bei a) Gewicht ≤ 100 N b) Gewicht > 100 N	1 Griff vorhanden 2 Griffe vorhanden	Krafteinmessung
2. Linke Abmessungen von Griffen relativ zur Benutzungsart a) Einzelgriff für eine Hand Breite x Tiefe b) Doppelgriff für beide Hände Breite x Tiefe c) Abstand zwischen Griff und nächstem Stellteil	≥ 110 mm x 50 mm ≥ 220 mm x 50 mm ≥ 60 mm	Längenmessung
3. Griffleisten an Geräten und Einschüben relativ zum maximalen Betätigungswiderstand (Zugkraft) für a) Einhandbetätigung b) Zweihandbetätigung	vorhanden, wenn: ≤ 150 N ≤ 250 N	Krafteinmessung
4. Abmessungen von Griffleisten für Unterfassung a) Höhe der Ausbochtung (h) b) Leistenlänge (für eine Hand) (l) c) Tiefe der Ausbochtung (t)	≥ 10 mm / opt. 20 mm ≥ 85 mm / opt. 100 mm ≥ 20 mm / opt. 25 mm	Längenmessung
		
5. Abmessungen von Griffleisten für Zungenriff a) Leistenhöhe (h) b) Leistenlänge (l) c) Leistenbreite (b)	≥ 25 mm / opt. 35 mm ≥ 25 mm / opt. 100 mm ≥ 10 mm / opt. 20 mm	Längenmessung
		
6. Griff-Position	Beeinträchtigung der Nutzung und Wartung des Gerätes ausgeschlossen	Sichtprüfung
Querverweis: C-10.2		

Prüfmerkmal: WARTBARKEIT		2.10.1
Prüfpositionen	Soll - Vorgabe	Prüfmethode
<u>Größe des Wartungsraumes</u>		
1. Der Wartungsraum ist so bemessen, daß vor, hinter oder neben dem in Wartungsposition befindlichen Betriebsmittel folgende Freiräume je Wartungsperson zur Verfügung stehen:		Längenmessung
a) Wartung im Stehen in aufrechter Haltung (h x b x t)	1900 x 600 x 700 mm	
b) Wartung im Stehen in gebogener Haltung (h x b x t)	1500 x 600 x 750 mm	
c) Wartung in Knien (h x b x t)	1500 x 600 x 1000 mm	
d) Wartung in Sitzen (h x b x t)	1900 x 600 x 850 mm	
e) Wartung in Liegen (h x b x t)	500 x 600 x 1900 mm	
2. Bauteilwechsel	unter Einschluß des Werkzeuggebrauchs möglich	Sichtprüfung
3. Herstellung der Wartungsposition des Betriebsmittels am Wartungsort	möglich	Sichtprüfung
<u>Dimensionierung von Prüf- und Wartungsöffnungen</u>		
4. Prüf- und Wartungsstellen Positionierung	innerhalb der Reichweite des Operateurs (ca. 600 mm um den Schulterbezugspunkt)	Längenmessung
5. Greif-Freiraum-Tiefe um alle ausziehbaren, schwenkbaren oder klappbaren Elemente in der Endstellung	≥ 50 mm	Längenmessung
6. Kritische Wartungsstellen	sichtbar, (keine Blindarbeit)	Sichtprüfung
7. Werkzeugeinsatz zur Prüfung, Wartung und Reparatur	Betätigung unter visueller Kontrolle möglich	Sichtprüfung
Querverweis: C-3.3.1, C-3.3.2, C-3.3.3		